

## **II ЮДАХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ**

# **«Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий»**

**Сборник материалов**



Архангельск, 2019



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Уральское отделение Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Правительство Архангельской области

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С  
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

**II Юдахинские чтения**

---

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И  
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ  
АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

Сборник материалов

Архангельск, 2019



УДК [55+57/59+332.1+9+61](98)(08)  
П78

**Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий:** сборник материалов Всероссийской конференции с международным участием II Юдахинские чтения / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральское отделение Российской академии наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Правительство Архангельской области; отв. ред. д.б.н. И.Н. Болотов. – Архангельск, 2019. – 688с.: рис., табл.

В сборнике представлены материалы Всероссийской конференции с международным участием по актуальным проблемам современной фундаментальной науки, охватывающей различные междисциплинарные направления и актуальные аспекты в области обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития арктических территорий.

Материалы конференции предназначены для научных работников, преподавателей вузов, аспирантов, студентов и специалистов, занимающихся вопросами обеспечения экологической безопасности в Арктике.

В рамках конференции проводится Молодежная научная школа для студентов, аспирантов и молодых ученых, предусматривающая выступление ведущих специалистов в области исследований Арктики.

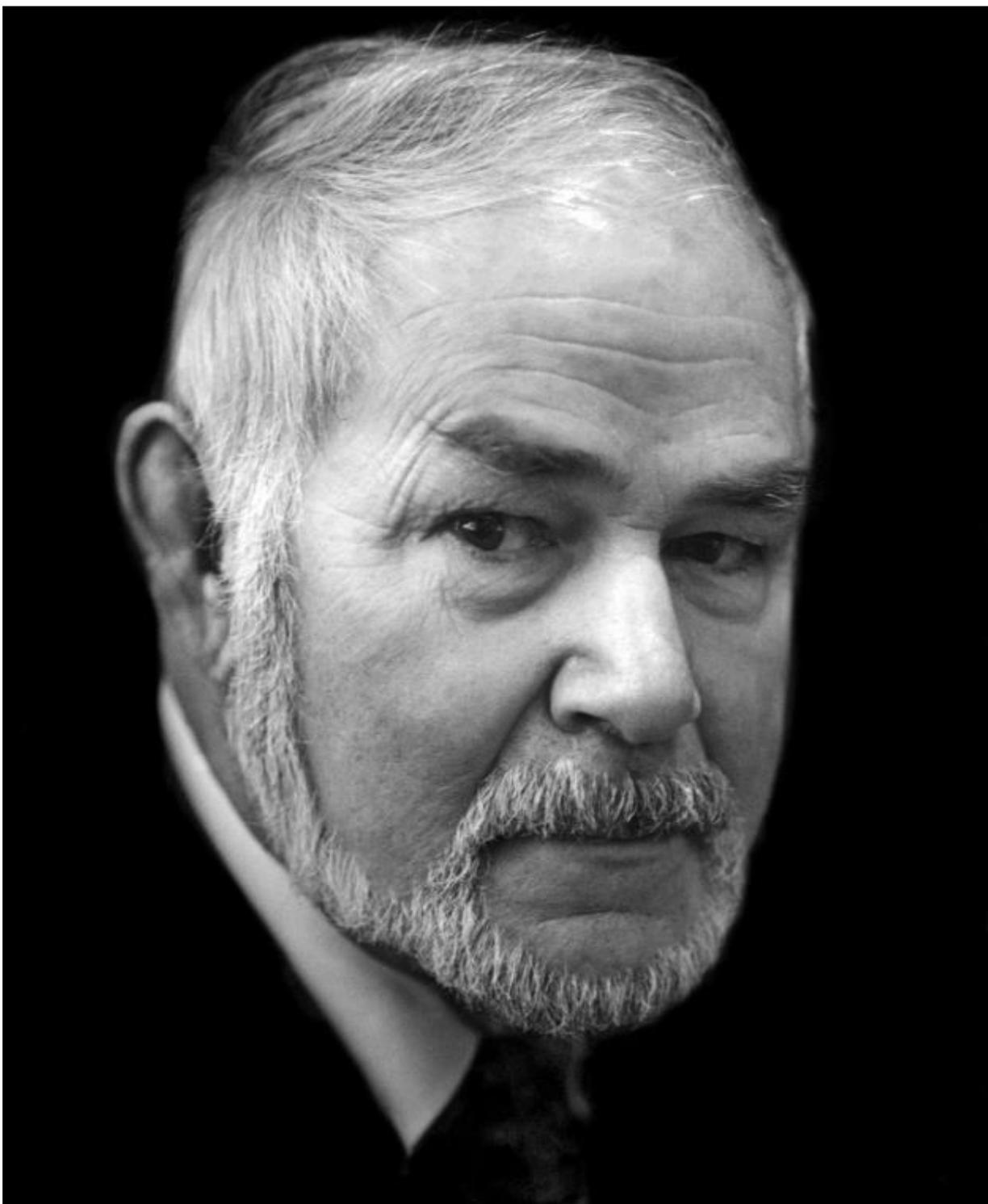
*Материалы публикуются в авторской редакции*

Конференция проведена при поддержке ООО НПК «Вулкан»



ISBN 978-5-6040303-3-2

© ФГБУН ФИЦКИА РАН, 2019  
© Коллектив авторов, 2019



Член-корреспондент РАН, лауреат Государственной премии РФ,  
доктор геолого-минералогических наук, профессор, основатель и первый  
председатель Архангельского научного центра Уральского отделения РАН

**Феликс Николаевич Юдахин**  
**(1934 – 2011)**

*Фото С.Г. Новикова*



**Феликс Николаевич Юдахин**

молодой специалист Сокулукской геофизической экспедиции Управления  
геологии Киргизской ССР, 1959г, г. Ленинград

*Фото из личного архива Л.А. Юдахиной*

***Уважаемые участники конференции!***

***Дорогие коллеги!***

*Всероссийская конференция с международным участием II Юдахинские чтения является продолжением серии научных конференций, посвященных актуальным проблемам изучения арктических территорий, проводимых на базе Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН.*

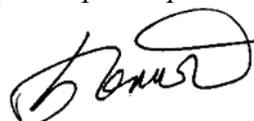
*В этом году конференция посвящена 85-летию со дня рождения выдающегося ученого, член-корреспондента РАН, лауреата Государственной премии РФ, доктора геолого-минералогических наук, профессора, основателя и первого председателя Архангельского научного центра Уральского отделения РАН Феликса Николаевича Юдахина.*

*Феликс Николаевич сделал очень многое для становления академической науки у нас, на Севере и в Арктике. В настоящее время фундаментальная наука призвана накапливать не только знания о природе и обществе, но и генерировать новые технологии, соответствующие требованиям инновационного сбалансированного развития. Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН является базовой площадкой и центром обмена научными достижениями в различных сферах, связанных с опасными природными явлениями в Арктике. Считаю, что такой комплексный с элементами междисциплинарности подход к проблемам экологической безопасности арктических территорий будет способствовать снижению рисков экологических катастроф, а также обеспечению устойчивости не только арктических экосистем, но также росту стабильности социально-экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации.*

*От всей души желаю участникам конференции плодотворной и успешной работы! Пусть итоги ваших дискуссий станут основой для новых научных открытий и принесут пользу не только науке, но и развитию территорий и обеспечению экологической устойчивости.*

*С уважением,*

*Врио директора ФГБУН ФИЦКИА РАН,*

*д.б.н. И.Н. Болотов*  




# **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

---

## ФЕЛИКС НИКОЛАЕВИЧ ЮДАХИН - К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

*Г.Н. Антоновская*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [essm.ras@gmail.com](mailto:essm.ras@gmail.com)

В 2019 г. исполняется 85-лет со дня рождения выдающегося ученого, член-корреспондента РАН, лауреата Государственной премии РФ, доктора геолого-минералогических наук, профессора, основателя и первого председателя Архангельского научного центра Уральского отделения РАН Феликса Николаевича Юдахина. Автор 194 научных работ, опубликованных в отечественной и зарубежной печати, в том числе 12 монографий, имел два патента на изобретение. Прошло восемь лет, как его нет с нами, но память о нем живет в наших сердцах.

Ф.Н. Юдахин родился 15 сентября 1934 г. в г. Яны-Курган Казахской ССР (Рис. 1). В 1957 г. окончил с отличием геофизический факультет МГРИ в Москве, участвовал в полевых работах Киргизской геофизической экспедиции, в 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию.



Рис. 1 – Феликс Николаевич Юдахин

В 1975 г. уже известный геофизик, обладающий богатым организационным опытом, был направлен в Институт сейсмологии АН Киргизской ССР. С 1986 г. он – директор этого института и заместитель академика-секретаря Отделения физико-технических, математических и горно-геологических наук президиума АН Киргизской ССР. В 1983 г. Ф.Н. Юдахин защищает докторскую диссертацию, а в 1989 избирается членом-корреспондентом Киргизской академии наук.

По инициативе и при личном участии Ф.Н. Юдахина созданы карта перспектив оловоносности и карта перспектив на золото территории Киргизской ССР по геофизическим признакам, что способствовало целенаправленному проведению поисковых работ и открытию новых месторождений. Его построения по глубинному строению межгорных впадин и полученные представления по динамике литосферы Тянь-Шаня использованы при постановке успешных поисковых работ на термальные

воды, построении Карты тектонического районирования (1974) и Тектонической карты Юга СССР (1975).

Под его руководством была разработана концепция коренного переоснащения сейсмологической службы республики, в несколько раз расширена сеть сейсмологических и геофизических станций, построена сейсмо-геофизическая обсерватория; организованы комплексные сейсмологические, геофизические и геологические исследования. В конце 1980-х годов создан Бишкекский полигон по прогнозу землетрясений, появилась научная школа «Закономерности проявления сейсмичности в горно-складчатых областях в связи с особенностями глубинного строения и современной динамики литосферы».

В 1991 г. произошел распад СССР. Но тогда же вице-президент РАН академик Н.П. Лаверов и председатель УрО РАН академик Г.А. Месяц круто изменили судьбу Феликса Николаевича. По их предложению в течение часа он принимает решение: в Архангельск! С октября 1993 г. Ф.Н. Юдахин – директор Института экологических проблем Севера УрО РАН (ИЭПС УрО РАН) и заместитель председателя президиума Архангельского объединенного научного центра. ИЭПС УрО РАН до того существовал всего лишь три года и новый директор проявил себя умелым и энергичным организатором науки. Несмотря на все трудности 1990-х, институт стал настоящим академическим учреждением, были созданы новые научные направления, аспирантура, расширились международное сотрудничество, участие в престижных конференциях, экспедиционная работа. Во всем этом решающая роль принадлежит Феликсу Николаевичу Юдахину (Рис. 2).



Рис. 2 – Награждение сотрудников ИЭПС УрО РАН представительными наградами (1999 г.). Слева направо: д.г.-м.н. Ю.Г. Шварцман, чл.-корр. РАН Ф.Н. Юдахин, губернатор Архангельской обл. А.А. Ефремов, д.х.н. Н.И. Афанасьев

В 1997 г. Ф.Н. Юдахин избирается членом-корреспондентом РАН, в 2002 становится председателем Архангельского научного центра УрО РАН. Он развивает представления о природе континентальной внутриплитной сейсмичности, о важнейшем значении волноводов в верхней части земной коры для геодинамики, проявления сейсмичности и образования месторождений углеводородов и рудного сырья как на платформенных территориях, так и в горно-складчатых областях, а также о волновом характере поля горизонтальных напряжений, передаваемых от границ литосферных плит.

Ученый активно занимался становлением сейсмологии на Севере России. Под его руководством и при личном участии были заложены основы Архангельской сейсмической сети для мониторинга природных и техногенных опасностей Западного сектора Российской Арктики. Феликс Николаевич приложил огромные усилия для обоснования необходимости создания такой сети. Сейчас, в рамках реализации указов

Президента РФ, например, от 18.09.2008 № Пр-1969 «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период 2024 г.», нет нужды доказывать необходимость развития сети сейсмических станций в Арктике, в том числе на платформенных территориях.

Но изначально необходимо было решить ряд непростых задач, одна из которых – подготовка кадров. На всей территории Архангельской области не было специалистов, и первых аспирантов Ф.Н. Юдахин набирал из физиков Поморского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Получилось. Сейчас лаборатория – одна из крупнейших по численности в Уральском отделении. Всего Юдахин подготовил 4 докторов и 12 кандидатов наук, двое из которых защитились после его кончины. В 2000 г. ему присвоено звание профессора по специальности «Физика твердой Земли».

Открытие ряда новых станций в Арктике позволило практически полностью охватить изучаемый регион и регистрировать слабые сейсмические события магнитудой от 2.0. Мечтой Феликса Николаевича была установка сейсмической станции на архипелаге Земля Франца-Иосифа, и она была запущена его учениками 3 сентября 2011 г. Он совсем немного не дождал до этого момента...

Архангельская сеть продолжается активно развиваться. Расширена география сейсмического мониторинга Западного арктического сектора РФ с обеспечением наблюдений до 100° в.д. (Рис. 3) с повышением чувствительности по магнитуде не ниже 3.5 для всего региона.

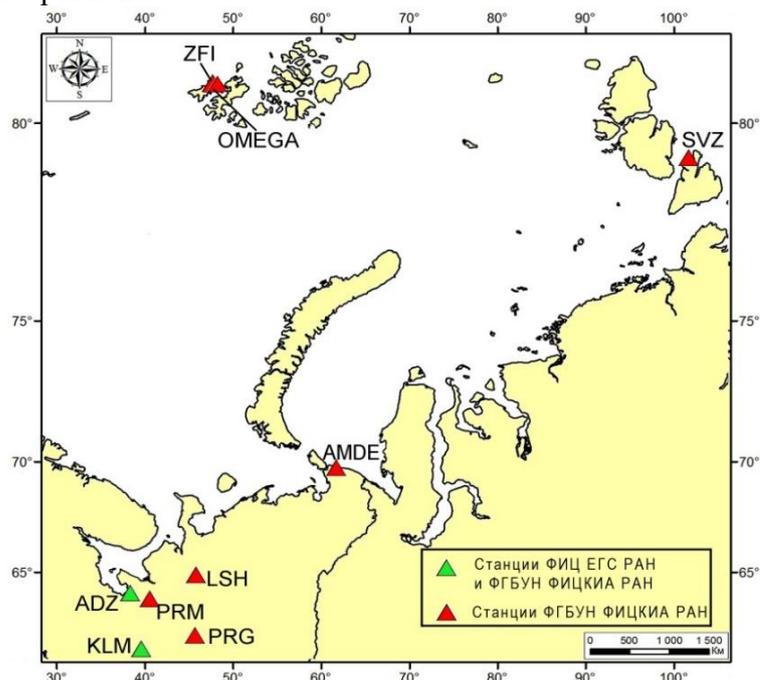


Рис. 3 – Конфигурация Архангельской сейсмической сети

По результатам работ Архангельской сейсмической сети (АСС) в 2013 г. был присужден международный сейсмологический код АН, т.е. сеть получила международное признание. В 2014 г. сеть была зарегистрирована в качестве уникальной научной установки (УНУ) на официальном сайте «Современная исследовательская инфраструктура Российской Федерации» <http://www.ckp-rf.ru/usu>. Результаты работы ориентированы на мониторинг сейсмической обстановки Европейского сектора Арктики, защиту национальных интересов при освоении Арктики, оценка возможности возникновения катастрофических, в первую очередь сейсмических и инициируемых ими природных явлений (просадки, обвалы и пр.).

Мониторинг слабой сейсмичности Западного арктического сектора РФ по данным АСС показывает наличие сейсмических событий в местах расположения особо ответственных природно-технических объектов, в том числе в районе захоронения радиоактивных отходов на морском дне и в районе Севморпути. Благодаря открытию сейсмических станций на арктических островах была выявлена сейсмическая активность на склоне континентального арктического шельфа, что является одним из индикаторов картирования границы России в Арктике, а также подтверждает деструктивные процессы на шельфе. Кроме того, единичные землетрясения в зонах депрессий указывают на новейшую тектоническую активность, ассоциируемую с высокоскоростными неоднородностями в земной коре. Новые знания о сейсмичности Западного арктического сектора РФ позволили выполнить сеймотектоническое структурирование территории, весьма актуальное для сейсмозонирования и, тем самым, обеспечения безопасности при проектировании и строительстве ответственных объектов.

Ф.Н. Юдахин создал научную школу микросейсмических исследований, на базе которой разработаны методики сейсмического микрорайонирования, определения геодинамической активности разрывных нарушений в платформенных областях, инженерно-сейсмометрического мониторинга состояния конструкций зданий и сооружений.

Феликс Николаевич оставил большое наследие: монографии, статьи, патенты. Он писал остро, честно, смело – просто потому, что не мог иначе. Даже самая небольшая его работа показывает широту научных интересов, умение смотреть в корень любого вопроса, а также твердость в отстаивании ценности и важности развития сейсмологии на Севере России. Это был открытый, искренний, прямой человек, подчас бескомпромиссный и всегда остававшийся равнодушным к судьбе российской науки, которую любил и которой служил до последних дней. Встречи с такими людьми, как Ф.Н. Юдахин, в силу масштаба их личности обязательно меняют что-то в тебе самом, поэтому пока мы живем, его образ живет в нас, в наших мыслях и поступках, память о нем остается в наших сердцах (Рис. 4).



Рис. 4 – Участники выездного заседания Совета РАН по координационной деятельности региональных отделений и региональных научных центров РАН и Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики, 2010 г.

## CLIMATE CHANGE AND ALIEN SPECIES: THE CASE OF THE ISKENDERUN BAY

T. Özcan

Iskenderun Technical University, Iskenderun-Hatay, Turkey, tahozcan@gmail.com

**Introduction.** Greenhouse gas emissions and anthropogenic activity are responsible for the climate change that has occurred in recent decades and is expected to continue in the future. Global change, particularly climate warming and the increased frequency of extreme events affects both terrestrial and marine ecosystems [1]. Climate change and biological invasion are considered as the most important causes effects for threatening biodiversity and changes in the ecosystem health the 21 century. The Mediterranean Basin Biodiversity Hotspot is identified by CEPF (The Critical Ecosystem Partnership Fund) as one of the world's 35 biodiversity hotspots - Earth's most biologically rich, yet threatened, areas [2].

Nowadays biological invasions of non-native species constitute a significant environmental problem and one aspect of global change in the marine environment [3]. The Mediterranean Sea is subject to a continuous influx of alien or exotic species arriving through the Suez Canal or the Strait of Gibraltar, often transported by ships, aquaculture and other vectors. According to Galil et al. (2018) [4] 726 alien marine species were listed in the Mediterranean Sea. An average of 10 alien species per year has penetrated in this sea [5]. The Mediterranean Sea is affected by invasive marine species by the Suez Canal, via hull fouling and/or ballast water from ships [3]. As a small region, İskenderun bay is a good representative in order to the understand all of the Mediterranean Sea. In the bay, biodiversity, ecosystem health and fisheries are currently threatened by anthropogenic impacts, climate change, as well as by overfishing and pollution.

The main aim of the present study is to investigate the effects of climate change on the environment of the Iskenderun Bay and the effects of alien species on native species, biodiversity, fisheries / economy and ecosystem health.

**Materials and methods.** *Study area.* İskenderun Bay, located at the northeastern Levant Basin, is 65 km in length and 35 km in wide, covering approximately an area of 2275 km<sup>2</sup> with a mean depth of 70 meter (Fig. 1). The bay has a large indentation towards the land making the the bay sheltered from wind and depth currents. The bay has a rocky bottom at the southeast, northeast and has seaweeds in the northeast area [6].



Fig. 1 - Map of the İskenderun Bay

**Data.** Meteorological data of the TSMS (Turkish State Meteorological Service) for Iskenderun Bay were used for alien species existing literature (Web of Sciences, Google Scholar, ResearchGate etc.) were utilised.

**Results.** Between the years 1970-2017, it was stated that the average annual sea surface temperature is 21.3°C in Turkey's Mediterranean coast. The annual average of sea surface temperature of Iskenderun Bay was determined to be 20.5°C [7] (Fig. 2). Accordingly, average of the sea surface water temperature in 2018 increased by 0.9°C. The highest seawater surface temperature between 1970 and 2018 was measured as 31.8°C in the Mediterranean Sea coast of Turkey, at the 07 August 2000 in the Iskenderun Bay [7].

The warming process of the Mediterranean Sea is expected to be continued during the century with an increase in the sea surface temperature of 2.5-3°C by the end of 21st century. Sea level rise of about 1.3-2.5 cm per decade is also [8]. These pressures and ecosystem responses, climate change is now considered a major driver of biodiversity change and loss. Generally, climate change not only cause some existing exotic species to spread into new places, but also it is likely to create efficient conditions for new invaders or these exotics to become invasive species [8].

Within the Mediterranean ecosystem, biodiversity and hydrological conditions of Iskenderun Bay are considered specific. The biodiversity of the bay can generally be classified into two types: 1. alien species (thermophilic) and; 2. Mediterranean sea native species. Marine biological diversity studies along the Turkish Mediterranean coasts carried out since the beginning of the 1900 revealed the presence of some alien introduced species from the Red Sea and the Indo-Pacific, which entered the Mediterranean Sea by the Suez Canal.

In this study we focused on the following three alien species such as brushtooth lizardfish, *Saurida undosquamis* (Richardson, 1848), lesser swimming crab *Charybdis longicollis* Leene, 1938 and jellyfish *Rhopilema nomadica* Galil, 1990.

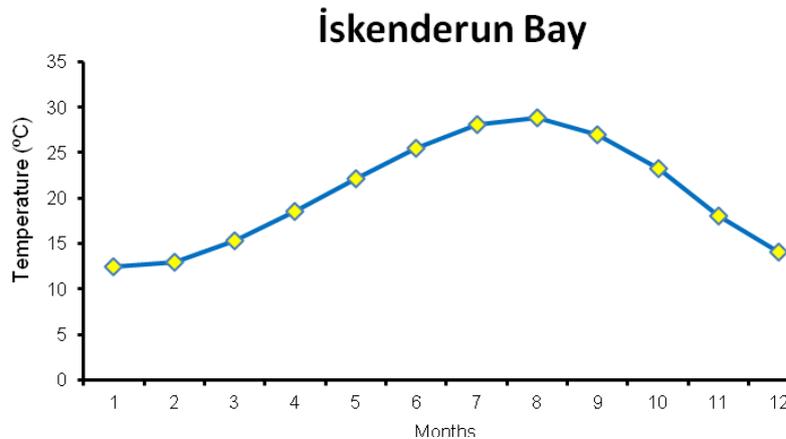


Fig. 2 - Monthly average sea surface temperature in İskenderun Bay between 1970 and 2018

In the last century, the Mediterranean Sea is exposed to a rapidly increasing intense entrances of exotic species from the Suez Canal, the Strait of Gibraltar and other pathways. The majority of these alien species are thermophilic or warm water species.

Climate change may be contributing to the increasing frequency and intensity of jellyfish blooms around the world. Jellyfish are opportunistic organisms, responding quickly to environmental changes by increasing feeding, growth and reproduction under optimal conditions. Temperature anomalies, can also trigger population explosions of species of jellyfish, toxic blooms causing mass mortalities of marine organisms and/or serious harm to tourism and coastal industries [8]. The exotic Jellyfish species *R. nomadica* usually has two blooms in Iskenderun Bay in February and October. Blooms of alien jellyfish species (*R.*

*nomadica*) in coastal areas are seriously interfering with human activities, including tourism and fisheries (Fig. 3).



Fig. 3 - Species compositions from a trawl hauling in Iskenderun Bay

The brushtooth lizardfish, *S. undosquamis* also have certain fisheries potential since it has significant share in demersal catches along the Turkish coast where it is numerous and abundant. It was caught in Israel for the first time in 1952; only three years later 266 tons were landed by local trawlers, constituting almost 20% of the total trawler catch [9]. By the mid 1960s it formed the main catch of trawlers off Mersin, and accounted for 2/3 of the fish landing biomass in the fall months in the 1980s [10]. This sudden increase came at the expense of the native hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), it too was displaced into deeper waters [9]. On the other sides, this species is also in prey-predator relationships with native sardine and anchovy and thus can have possible negative influence on local communities and biomass of these pelagic species [11].

Many swimming crab species introduced in the Mediterranean Sea and established. A total of twenty-nine species of crabs (12 alien) has previously been reported from Iskenderun Bay. As a result, 67% of all alien crab species (unpublished data) known from the Turkish coast have been found in Iskenderun Bay. One of them swimming crab *C. longicollis* is a small crab native to the western Indian Ocean is established in the Mediterranean Sea. This is very abundant on sandy-muddy bottoms from 25 to 80 m in the southeastern Mediterranean and it is considered as a pest by fishermen using bottom trawls. In a study conducted by Özcan et al., [12], *C. longicollis* was found as the most abundant macrobenthic species (49% of the total individuals in trawling) in Iskenderun Bay. In another study performed by Çınar et al., [13] in Iskenderun Bay, *C. longicollis* was the most abundant species (63% of the total specimens) in a bottom trawling at 30 m depth at the Yumurtalık bight. Besides, a total of 92% of the number of specimens and 89% of total biomass belonged to Lessepsian species in Iskenderun Bay according to Çınar et al., [13]. This species is called as "Tailor" by local people around Iskenderun Bay due to its damage to small-scale fishing gear and difficulty of repairing damages in nets.

Recent studies showed that the Mediterranean is becoming a tropical sea with non indigenous (tropicalization) species and many alien species may have negative potential effect on fisheries, ecosystem health, tourism and the native species of the Mediterranean. Some alien species support an important fishery in their native range in the Indo-Pacific Ocean or Atlantic Ocean as well as in their introduced range in the Mediterranean Sea. However, due to climate change and its supposed positive effects on the occurrence of some alien species might well become a candidate target species in commercial fisheries elsewhere, for example in the Iskenderun Bay. It is expected that changes in climate, warming and sea conditions will affect the distribution of marine organisms, their introducing new regions and the

biodiversity, fisheries, tourism and public health in their new region. This study presents a appreciation of climate change and the three characteristics of potential impacts of alien species on the biodiversity, fisheries, tourism and ecosystem health in the Iskenderun Bay.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Impact of climate change on biodiversity in the Mediterranean Sea / Ed. Perez T. / UNEP-MAP-RAC/SPA, 2008. 90 p.
2. Mediterranean Basin Biodiversity Hotspot/ CEPF, 2017. 339 p.
3. Özcan T., Katağan T., Peter K.N.LG. First record of *Eurycarcinus integrifrons* De Man 1879 (Decapoda, Pilumnidae) from the Mediterranean Sea // *Crustaceana*. 2010. № 83(4). P. 507-510.
4. Galil B.S., Marchini A., Occhipinti-Ambrogi A. East is east and West is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea// *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2018. № 201. 7-16.
5. Galil B.S. Taking stock: inventory of alien species in the Mediterranean Sea// *Biological Invasions*. 2009. № 11(2). 359-372.
6. Özcan T. Blue crab (*Callinectes sapidus* R., 1896) and sand crab (*Portunus pelagicus* (L., 1758) distribution in the Iskenderun Bay. MSc. Thesis, Mustafa Kemal University, 2003. 42 p. (in Turkish).
7. Turkish State Meteorological Service/ TSMS, 2019.
8. Otero M., Garrabou J., Vargas, M. Mediterranean Marine Protected Areas and climate change: A guide to regional monitoring and adaptation opportunities. Malaga, Spain: IUCN. 2013. P 1-52.
9. Ben Yami M., Glaser T. The invasion of *Saurida undosquamis* (Richardson) into the Levant Basin - an example of biological effect of inter-oceanic canals// *Fishery Bulletin*. 1974. № 72(2). 359-373.
10. Gücü A.C., Bingel F. Trawlable species assemblages on the continental shelf on the Northeastern Levant Sea (Mediterranean) with an emphasis on Lessepsian migration// *Acta Adriatica*. 1994. № 35. 83-100.
11. Dulčić J., Đodo Ž., Dragičević B., Čukteraš M., Glamuzina B. New species in the Adriatic ichthyofauna and socio-economic consequences for Croatian marine fisheries// *Croatian Journal of Fisheries*. 2012. № 70(1). P. 111-123.
12. Özcan T., Katağan T., Kocataş A. Brachyuran Crabs from Iskenderun Bay (Southeastern Turkey)// *Crustaceana*. 2005. № 78(2). 237-243.
13. Çınar M.E., Bilecenoglu M., Öztürk B., Katağan T., Yokeş M.B., Aysel V., Dağlı E., Açıık S., Özcan T., Erdoğan H. An updated review of alien species on the coasts of Turkey// *Mediterranean Marine Science*. 2011. № 12. 257-315.

#### ПОКОМПОНЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, В.В. Беляев

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, kutinov@fciaarctic.ru

Необходимость учета структурно-тектонического фактора при геоэкологических исследованиях на настоящий момент не вызывает сомнения. Это относится не только к тектонически активным горным областям, но и к платформенным территориям, считавшимся ранее пассивными в тектоническом плане. Перенос основного объема

геолого-геофизических работ на платформенные территории и необходимость решения новых (геоэкологических) задач геофизическими методами поставили ряд проблем нуждающихся в практическом решении.

Таким образом, назрела необходимость пересмотра подходов, принятых в «классической» геофизике, их модернизации и/или создания новых методов. Особенно это касается выделения малоамплитудных тектонических нарушений достаточно широко распространенных на платформенных территориях [1]. Исследование межгеосферных процессов, происходящих в области развития тектонических нарушений и, особенно, узлов их пересечений на настоящий момент развито слабо, хотя свидетельства таких процессов достаточно многочисленны.

Вопрос о механизме воздействия на окружающую среду разломов нуждается в дальнейшем изучении, так же как и роль каждого из факторов, сопровождающих это природное явление. В последнее время появляются публикации, посвященные отдельным аспектам воздействия тектонических нарушений на состояние окружающей среды, однако до получения полной картины еще достаточно далеко.

Обычно неотектонические подвижки платформенных территорий характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды перемещения, сопровождающимися вариациями интенсивности дегазации и подтока минерализованных вод, электромагнитного поля и изменениями облачности вдоль дислокаций. Иначе обстоит дело с узлами пересечения тектонических нарушений, которые, как правило, представляют собой сложно построенные в вертикальной и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины. Т.е., это вертикальные высокопроницаемые области, обеспечивающие постоянный приток флюидов и глубинных газов. Иначе говоря, возникает и функционирует постоянный глубинный стволочный канал повышенного тепло-массообмена за счет взаимодействия динамопар глубинных дислокаций, который нередко сопровождается повышенной сейсмичностью. При этом узлы пересечения тектонических нарушений, имея сложную структуру поля проводимости, могут являться источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного (своего рода магнитные диполи) и параметры барического полей и таким образом воздействовать на состояние окружающей среды, в т.ч. и на здоровье населения. В сочетании с подтоком флюидов и глубинных газов они создают локальные аномальные участки.

Комплексный анализ геолого-геофизических материалов Восточно-Европейской платформы и, более детально, Европейского Севера России показал, что «след» надпорядкового тектонического узла наблюдается: в пониженных значениях температуры в литосфере с глубины, как минимум, 200 км и практически до дневной поверхности; в значениях теплового потока; в структуре потенциальных полей; в строении поверхности Мохо и кристаллического фундамента; в мощности нижнего, среднего и верхнего слоя земной коры; в современном геодинамическом режиме, что отражается в макросейсмическом поле, дегазации и ионизации атмосферы [2, 3]. В целом, еще с докембрия здесь была сформирована вертикальная стволочная структура с аномальными свойствами среды, находящаяся в колебательном режиме. Проекция этой структуры на дневную поверхность в первом приближении может рассматриваться как граница области динамического влияния тектонического узла на окружающую среду.

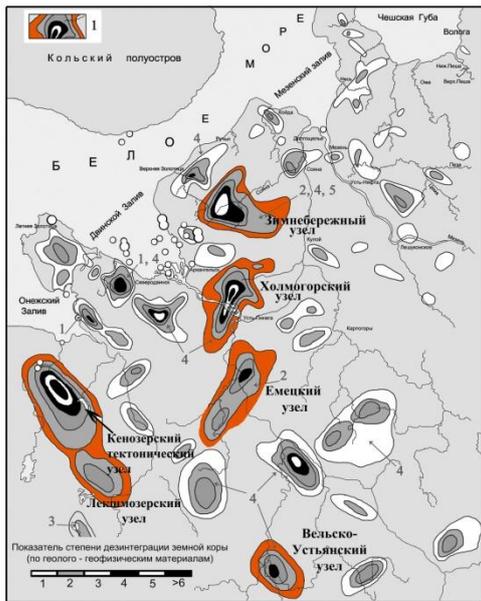
В целом были созданы следующие покомпонентные модели на уровне: мантия-литосфера; фундамент-осадочный чехол-современный рельеф; литосфера-атмосфера; литосфера-атмосфера-биосфера. Узлы, являющиеся вертикальными сквозными стволочными каналами сложной формы (фрактальная структура)

находящимися в колебательном режиме, отражаются в современном геодинамическом режиме, в частности в современной сейсмичности, и имеют более глубокие «корни», чем предполагалось ранее, и отражаются в строении осадочного чехла региона и происходящих на современном этапе процессах [4].

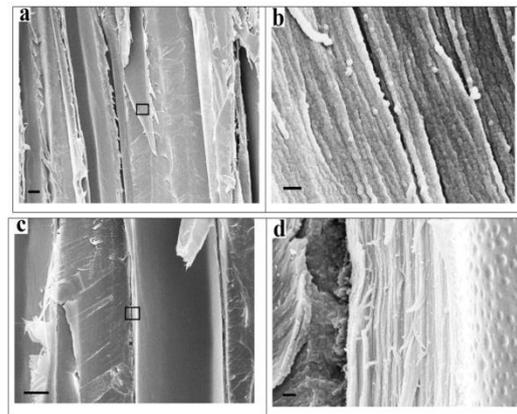
Свойства тектонических узлов отражаются и в поверхностных процессах [5, 6]. К ним относятся: 1) постоянный «дефицит» атмосферного давления (до 25 mb); 2) частота выпадения осадков и их количество в центре и на периферии узлов пересечений тектонических дислокаций, существенно различаются. Осадки в центре тектонических узлов выпадали значительно реже, а их объем на 26 % меньше, и, как следствие, наблюдается повторение гидросетью контуров тектонического узла, и приуроченность к ним палеодолин; 3) выпадение снежного покрова на периферии узлов происходит раньше (при большей глубине снежного покрова), а стаивание – позже, чем на фоновых территориях; 4) наблюдается глубинная дегазация и повышенная частота гроз по периферии узлов и, как следствие, с этими же участками связано повышенное количество лесных пожаров; 5) наблюдается изменение площадной структуры растительного покрова в узлах тектонических нарушений, т.е., возможен подток минерализованных вод и дегазация из глубоких горизонтов земной коры, к тому же, во время магнитных бурь не исключено и изменение ионного состава вод; 6) изменения динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь в тектоническом узле и наличие зон повышенной проводимости позволяет предположить возникновение в тектонических структурах наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами говорит об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха.

Такие особенности протекания процессов на уровне литосфера-атмосфера не могут не сказаться на состоянии биоты в районах тектонических узлов (рис. 1). В результате проведенных исследований установлено, что [7-15]: 1) в Архангельской области распространение лиственницы совпадает не только с выходом на поверхность карста, но и с территориями тектонических узлов; 2) узлы пересечения тектонических дислокаций, влияют и на строение и свойства древесины хвойных пород произрастающих на их территориях; 3) в насаждениях одноименных типов леса, расположенных на территории тектонических узлов, видовое разнообразие растительности значительно выше, в том числе и лекарственных видов растений; 4) морфометрические показатели некоторых видов растений, которые относятся к лекарственным, изменяются в зависимости от положения зарослей по отношению к тектоническим узлам; 5) в центре узла урожайность брусники и черники значительно меньше, чем на периферии, а содержание витамина С в бруснике и чернике значительно больше, чем на периферии и отличается на 59 % у брусники и на 62 % у черники; 6) биохимические показатели лишайников произрастающих на территории тектонического узла и за его пределами существенно различаются практически по всем показателям, причем, эти различия отмечаются в течение всего вегетационного периода.

В целом же следует отметить, что влияние тектонических узлов на биоту на территории Севера Русской плиты достаточно значительно и его необходимо учитывать.



**Схема размещения тектонических узлов**  
1- объекты исследований

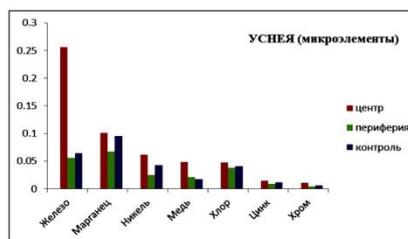
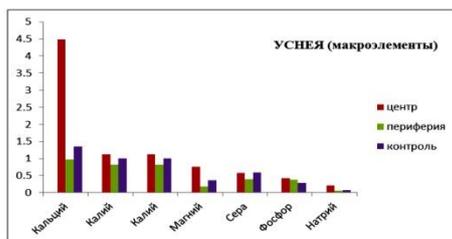
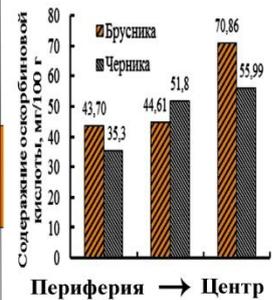


**Микроснимки радиальных сколов зерна древесины Пораженность ели корневой губкой**

ПП	Центр	Периферия (контроль)
Вельско-Устьянский	8	16
Холмогорский	17	25
Лекшозерский	4	16

**Урожайность и содержание витамина С в бруснике**

Образец	Урожайность, кг./га	Сред. знач. влажности, %	Зольность, %	Сред. знач. зольности, %	Аскорбиновая кислота, Мг/100г	Сред. знач. аскорбиновой кислоты, Мг/100г
Ягоды брусники Центр	2,0±0,01	76,24±0,0	1,42 1,85	1,64±0,22	490,69 482,78	486,74±3,96
Ягоды брусники контроль	26,0±1,20	87,52±0,0	1,63 1,75	1,69±0,06	309,35 308,62	308,99±0,37



Содержание макро и микроэлементов в образцах Usnea Florida

Рис. 1 - Примеры влияния тектонических узлов на окружающую среду

Таким образом, наши данные свидетельствуют о наличии воздействия тектонических нарушений на окружающую среду за счет возникновения наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля. Наблюдается встречная система «воздействие-отклик», т.е. не только изменение геомагнитного поля и атмосферного давления воздействуют на напряженно-деформированное состояние геологической среды, но и сама среда воздействует на гелио-метеорологические параметры. Т.е., в районе тектонических узлов формируются вертикальные сквозные каналы сложного межгеосферного взаимодействия, захватывающие литосферу, гидросферу, биосферу и атмосферу и, частично, ионосферу.

Полученные закономерности, позволят выделять более благоприятные территории для роста основных хозяйственно-ценных древесных пород и планировать их для искусственного восстановления. Особенно это актуально для приарктических

регионов, где рост и продуктивность древесных пород сдерживают недостаток тепла и избыток влаги.

Практическое значение имеют и данные о более высоком содержании витаминов и микроэлементов в плодах брусники и черники произрастающих на территориях тектонических узлов. Это позволит планировать выбор территорий для их сбора. А важность этих компонентов в питании жителей Севера очевидна.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН «Изучение межгеосферных процессов в районах тектонических структур и узлов их пересечений в геологических условиях древних платформ на примере Архангельской области» (№ АААА-А18-118012390305-7) и при финансовой поддержке РФФИ-Арктика, проект № 18-05-60024.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Разломно-блоковая тектоника и ее роль в эволюции литосферы//Литосфера и гидросфера европейского Севера России. Геоэкологические проблемы /под ред. Ф.Н. Юдахина. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 68-113.
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В., Минеев А.Л. Цифровое моделирование рельефа для прогноза площадей, перспективных на нефть и алмазы // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 1(24). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-24.art8>
3. Кутинов, Ю. Г., Чистова, З. Б. Архангельская алмазоносная провинция на мелкомасштабных геологических, тектонических и геофизических картах [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. Т. 11. —Вып. 1: Система планета Земля. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprovr\_e-ast11-1.2016.12.
4. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беляев В.В., Неверов Н.А. Покомпонентные модели тектонических узлов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://regnum.ru/news/innovatio/2428428.html?t=1528450221> (Дата обращения 12.02.2019).
5. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Комплексная модель процессов межгеосферного взаимодействия в тектонических узлах Севера Русской плиты [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. Т. 1. Вып. 1. 2012. Система планета Земля.
6. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беляев В.В., Бурлаков П.С. Влияние тектонических нарушений (дегазация, наведенные токи, вариации геомагнитного поля) севера Русской плиты на окружающую среду (на примере Архангельской области) // Вестник КРАУНЦ. Сер. Науки о Земле. 2009. С. 77-89.
7. Беляев В.В., Неверов Н.А., Старицын В.В., Бойцова Т.А. Свойства некоторых компонентов фитоценозов, произрастающих на территории тектонических узлов (Архангельская область) // Вестник КрасГАУ. 2018. № 4. С. 197-04.
8. Паламарчук И.А., Бровко О.С., Беляев В.В., Боголицын К.Г., Бойцова Т.А., Жильцов Д.В., Слобода А.А., Вальчук Н.А. Влияние геоэкологических факторов среды на биохимические показатели лишайников на территории Вельско-Устьянского тектонического узла (Архангельская область) //Химия растительного сырья. 2018. № 4. С. 215–224. DOI: 10.14258/jcrpm.2018043803.
9. Старицын В.В., Неверов Н.А., Беляев В.В. Влияние геоэкологических факторов на отдельные показатели урожайности сосны в пределах Вельско-Устьянского тектонического узла Архангельской области // Матер. I междунар. молодежной научно-практической конференции (26-28 апреля 2018). Т. 2. Архангельск: САФУ, 2018. С 91-95.

10. Неверов Н.А., Беляев В.В. Вариации макроструктуры древесины ели и сосны в различных геоэкологических условиях Архангельской области // Строение, свойства и качество древесины – 2018: матер. VI Междунар. симпозиума им. Б.Н. Уголева, посвященного 50-летию Регионального Координационного совета по современным проблемам древесиноведения. Красноярск, 10-16 сентября 2018 Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. С. 153-154.
11. Tyukavina O.N., Neverov N.A., Klevtsov D.N. (2019): Influence of growing conditions on morphological and anatomical characteristics of pine needles in the northern taiga. *J. For. Sci.*, 65: 33–39. <https://doi.org/10.17221/126/2018-JFS>.
12. Neverov N.A., Belyaev V.V., Chistova Z.B., Kutinov Y.G., Staritsyn V.V., Polyakova E.V., Mineev A.L., Tyukavina O.N. (2019): Influence of morphometric parameters of relief on macro- and microstructure of wood *Pinus silvestris* L. in the North of the Russian plain. *J. For. Sci.*, 65: 79–85. <https://doi.org/10.17221/123/2018-JFS>
13. Neverov N.A., Belyaev V.V., Chistova Z.B., Kutinov Y.G., Staritsyn V.V., Polyakova E.V., Mineev A.L. (2017) Effects of geo-ecological conditions on larch wood variations in the North European part of Russia (Arkhangelsk region) // *Journal of Forest Science*, 63, 2017 (4): 192-197. <https://doi.org/10.17221/102/2015-JFS>
14. Старицын В.В., Беляев В.В. Урожайность и содержание витамина С в бруснике (*Vaccinium vitis - idaeae* L.) и чернике (*Vaccinium myrtillus* L.) в пределах Плесецкого тектонического узла. // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2015. №1 (343)., С. 78-84.
15. Беляев В.В., Дурынин С.Н. О влиянии тектонических узлов на популяции некоторых лекарственных растений Архангельской области // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2015. № 5. С. 131-135.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЦ ЯНЦ СО РАН В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКИХ И СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*М.П. Лебедев, Т.А. Салова, П.Г. Мордовской*

Федеральный исследовательский центр Якутский научный центр СО РАН, г. Якутск, [mordovskoi@prez.ysn.ru](mailto:mordovskoi@prez.ysn.ru)

Федеральный исследовательский центр Якутский научный центр СО РАН является самой крупной научной организацией Северо-Востока России, деятельность центра направлена на повышение эффективности фундаментальных и прикладных исследований, внедрение научных разработок в народное хозяйство Республики Саха (Якутия) и подготовку высококвалифицированных научных кадров. Направления научных исследований академических институтов центра связаны с проблемами Севера и Арктики: закономерностями природных процессов, поиском и добычей полезных ископаемых, работой машин, механизмов и конструкций, освоением биологических ресурсов, проживанием малочисленных народов Севера.

В состав Федерального исследовательского центра Якутский научный центр СО РАН входят:

- Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН;
- Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН;
- Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН;
- Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН;

- Институт проблем нефти и газа СО РАН;
- Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН
- Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова.

Сотрудники Якутского научного центра имеют приоритет на два открытия мирового уровня:

1. Экспериментально установлено ранее неизвестное свойство природных газов образовывать в земной коре при определённых термодинамических условиях залежи в твёрдом газогидратном состоянии.

2. Экспериментально установлено неизвестное ранее явление преобразования органического вещества осадочных пород под действием тектонических и сейсмических процессов земной коры, заключающееся в повышении карбонизации и генерирования углеводородов в результате механохимических реакций, возникающих под действием переменных механических напряжений.

В Якутском научном центре созданы научные школы Н.В. Черского, П.И. Мельникова, Ю.Г. Шафера, Г.Ф. Крымского, В.П. Ларионова, В.В. Ковальского, Ю.С. Уржумцева, В.Т. Балобаева, Н. Г. Соломонова, В.Л. Яковлева, В.А. Каширцева, М.Д. Новопашина, А.Ф. Сафронова, Е.Г. Бережко.

В качестве приоритетных направлений исследований по изучению экологии и геоэкологии арктических и субарктических районов Якутии следует выделить:

- исследование продуктивности и устойчивости мерзлотных экосистем: современное состояние и эволюция криолитозоны, в том числе изучение процессов деградации береговой и прибрежно-шельфовой мерзлоты в Восточной Арктике, биологическое разнообразие, хозяйственное использование, охрана в условиях глобальных изменений климата и усиления антропогенного пресса;

- изучение геоэкологических особенностей бассейна реки Лена и состояния и динамики наземных и водных экосистем, включая вопросы водопользования и транспортного освоения;

- изучение особенностей трансформации экосистем при освоении территории Якутии, включая влияние промышленного освоения и особенности геоэкологического и экологического состояния городов и крупных населенных пунктов.

Решение проблем минерально-сырьевой, энергетической безопасности и социально-экономического развития Российской Федерации в значительной степени связано с освоением арктических, северных и северо-восточных регионов России.

Несмотря на огромный потенциал минерально-сырьевых ресурсов Крайнего Севера и Арктики и имеющийся опыт их освоения, в связи с недостаточной изученностью неотлагательно требуются опережающие работы научно-исследовательского характера, усиление научного сопровождения широкомасштабного геологического изучения недр и разработки новых высокоэффективных, экологически безопасных технологий добычи и переработки минерального и углеводородного сырья в специфических условиях Севера с применением междисциплинарного подхода к проводимым исследованиям и решаемым задачам, что обуславливает актуальность научных исследований Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН.

Основными угрозами и вызовами устойчивому развитию Арктики являются высокие риски и затраты при освоении труднодоступных природных ресурсов в экстремальных климатических условиях, которые значительно влияют на эксплуатацию техники и конструкций. В основном аварии конструкций сопровождаются их хрупким разрушением при отрицательных температурах эксплуатации. По опыту эксплуатации техники на территории Якутии установлено, что поток отказов ряда деталей и узлов машин, большегрузных самосвалов, карьерных и шагающих экскаваторов и металлоконструкций увеличивается в 2–3 раза, по некоторым данным до 6 раз, что наносит экономике России большие убытки. В

основном это связано с накоплением технологических эксплуатационных повреждений и возникновением хрупких трещин.

Результаты анализа отказов сооружений подтверждают преимущественное зарождение разрушений в зоне сварных соединений. В магистральных газопроводах более 50% отказов приходится на кольцевые швы с образованием сквозной трещины-свища. Для вертикальных стальных резервуаров в более 80% случаях аварий очагом разрушений является сварное соединение. Причинами преждевременных отказов сварных соединений являются дефекты сварки, остаточные сварочные напряжения, низкая сопротивляемость зарождению и распространению трещин зоны термического влияния и металла шва.

Фундаментальные результаты, полученные сотрудниками Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН в области физического материаловедения, металлургии и кинетики сварочных процессов, физики и механики вязкохрупкого перехода конструкционных материалов, послужили теоретической основой для решения многих технологических вопросов, касающихся безопасности и повышения ресурса конструкций, предназначенных для эксплуатации в экстремальных климатических условиях Севера и Арктики.

В Институте проблем нефти и газа СО РАН (ИПНГ СО РАН) на основе структурного подхода к модификации полимеров были созданы новые морозостойкие рецептуры композиционных материалов антифрикционного назначения с повышенной эластичностью и износостойкостью для узлов трения и уплотнительных устройств. Разработаны технологические приемы изготовления деталей узлов трения сложной формы и изготовления длинномерных профилей с повышенными эксплуатационными характеристиками при низких температурах. В ИПНГ СО РАН выделены активные комплексные ассоциации микроорганизмов нефтеструктуров из мерзлотных почв. Получен минеральный биосорбент с помощью иммобилизации микроорганизмов нефтеструктуров бактерий и грибов на термовспученный вермикулит и карбонизированные отходы лесопереработки при оперативном внесении, которого на аварийную нефтезагрязненную территорию, поглощается большая часть разлившихся на почву нефтепродуктов и загрязнение далее не распространяется. Иммобилизованные в рыхлый пористый сорбент микроорганизмы абсолютно совместимы с грунтом, утилизируют нефть и сам минеральный сорбент, т.е. не требуется его вывоза на свалку, захоронения или сжигания. В ИПНГ СО РАН произведена оценка начальных сырьевых ресурсов углеводородов шельфов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Показано, что аномально низкие пластовые температуры, характерные для нефтяных залежей юго-запада республики, приводят к активному выпадению асфальто-смолисто-парафиновых отложений непосредственно в призабойной зоне пласта, что снижает продуктивность скважин. Анализ результатов бурения и испытаний скважин, пробуренных на Хапчагайском мегавале, позволили с высокой долей вероятности говорить о наличии нефтяных оторочек промышленного значения на газоконденсатных месторождениях, открытых более тридцати лет тому назад.

В Институте космофизических исследований и астрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН (ИКФИА СО РАН) разработан и создан комплекс экспериментальных установок - большая ионизационная камера, нейтронный монитор, система мюонных телескопов - предназначенный для исследования космических лучей высоких энергий. Непрерывные измерения, ведущиеся на протяжении около 50 лет, позволили понять природу процессов взаимодействия космических лучей с межпланетной средой, установить причины наблюдаемых вариаций интенсивности космических лучей. Существенный прорыв в усилиях исследователей многих стран в физике космических лучей по воссозданию последовательного и детального описания наблюдаемых в экспериментах явлений был достигнут в 1964 г., когда было установлено уравнение переноса космических лучей, составляющее основу современной теории

распространения и ускорения космических лучей. Приоритет в этом важном научном достижении принадлежит ИКФИА СО РАН. Установлено неизвестное ранее явление регулярного ускорения космических лучей ударными волнами. Институт обладает станцией для приема данных природоресурсных спутников, позволяющих осуществлять лесопожарный мониторинг, мониторинг паводкового разлива рек, получать сведения о содержании озона в атмосфере и загрязнении окружающей среды. В ИКФИА СО РАН выполняются научные работы по исследованию влияния солнечно-земных связей на облачность и пирогенные события в Северной Азии, по исследованию пространственно временного распределения аэрозольных полей в Северо-Восточной Азии и вариаций вегетационного индекса растительного покрова и площади водных объектов по данным спутникового зондирования.

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова (ЯНИИСХ) успешно проводит научно-исследовательскую и научно-внедренческую деятельность сельскохозяйственного производства в экстремальных природно-климатических условиях зоны вечной мерзлоты. В ЯНИИСХ ведутся работы по исследованию ДНК популяции якутского скота, учеными доказана генетическая уникальность якутского скота, которая выражается выявлением в его геноме уникальных сочетаний генов, которые, возможно, отвечают за адаптивные качества якутского скота к экстремальному климату. В ЯНИИСХ созданы три породы оленей – эвенской, чукотской, эвенкийской. Разработаны организационно-экономическая модель специализированного стада оленей, технология изгородного содержания, использование кормовых добавок для оленей доноров, технология заготовки хранения пантов, крови, молока и определена мясная продуктивность и пищевая ценность мяса домашних северных оленей Республики Саха (Якутия).

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН проводит широкомасштабные работы по выявлению особенностей биологического разнообразия Якутии и его связей с прилежащими частями Азии и Тихоокеанского региона, изучению процессов глобального изменения. Полученные сведения в области ботаники, почвоведения, зоологии, физиологии и биохимии растений, ихтиологии и других областях исследований являются основой при оценке современного состояния биологических ресурсов мерзлотных ландшафтов Севера и Арктики, составлении прогнозов изменения природной среды, планировании стратегий оптимизации природопользования, с учетом изменений климата и перспектив хозяйственного освоения субарктических и арктических территорий.

Коллектив Института гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН проводит исследования по разработке фундаментальных научных основ социального и экономического развития народов Севера и Арктики в современных условиях. Эти разработки являлись теоретической и практической базой работы с малочисленными и исчезающими этносами Севера и Арктики. Исследования проводятся в широком спектре проблем: сохранения и развития традиционных занятий северных этносов, этнической культуры, языков, литературы и фольклора. Особым направлением деятельности стало создание серии памятников культуры, академических словарей и энциклопедий. Важным моментом в деятельности института следует считать работу в правовом поле. В институте проходили подготовку или экспертизу практически все законопроекты и законодательные акты по правам коренных малочисленных народов Севера.

В настоящее время Якутский научный центр СО РАН планирует участвовать в конкурсе по созданию Научного центра мирового уровня (НЦМУ) в рамках национального проекта «Наука» с проектом «Центр комплексных испытаний материалов, техники и устойчивости живых систем на Полюсе холода» совместно с Северо-восточным федеральным университетом им. М.К. Аммосова.

Комплексная научно-исследовательская работа Федерального исследовательского центра Якутский научный центр СО РАН направлена на устойчивое развитие территорий Севера и Арктики России.

## **МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

*У.М. Лебедева<sup>1</sup>, Т.А. Салова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, ulev@bk.ru

<sup>2</sup>ФГБУН «ФИЦ Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск

Вся территория Якутии находится в зоне распространения вечной мерзлоты и 40 % прилегает к Арктической зоне. В Стратегии развития Арктической зоны РФ показана значительная роль Арктики в социально-экономическом развитии и обеспечении безопасности России. В этой связи пристальное внимание уделено исследованиям и мероприятиям, направленным на формирование качества жизни населения в современных условиях глобального изменения климата и антропогенной трансформации северных экосистем.

Экстремально суровые природно-климатические условия Республики Саха (Якутия) предъявляют повышенные требования к здоровью населения. А обеспечение оптимальной жизнедеятельности человека в этом регионе, а особенно адекватным питанием, в период экономических преобразований в стране приобретает чрезвычайно важную социальную и медицинскую значимость.

Сбалансированное, рациональное, ориентированное на этнические особенности питание – это, прежде всего питание, полностью обеспечивающее потребности человека в энергии и всех основных пищевых веществах: белках, жирах, углеводах, пищевых волокнах, витаминах, минеральных солях, микроэлементах и других биологически активных компонентах пищи.

Изменение характера питания приводит к развитию болезней метаболической дизадаптации. К ним относятся значительно учатившиеся в последние два-три десятилетия среди коренного и пришлого населения республики случаи ишемической болезни сердца и мозга, артериальной гипертензии, болезней обмена веществ, таких как ожирение, сахарный диабет, патологий опорно-двигательного аппарата, анемии, болезни органов пищеварения, и др. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) в динамике за последние 5 лет по болезням эндокринной системы, обмена веществ и иммунитета наблюдается рост на 22 %, по болезням системы кровообращения на 45,6 %. Уровень заболеваемости в Республике Саха (Якутия) по анемии превышает средние показатели Российской Федерации в 1,7 раза, по ожирению – 1,1 раза, по болезням желчного пузыря, желчевыводящих путей – в 1,3 раза, печени – в 2,6 раза и поджелудочной железы – в 1,6 раза [2, 3].

Эпидемиологические исследования, проведенные в разных регионах России, свидетельствуют о значительных нарушениях питания и здоровья взрослого и детского населения. К этим нарушениям относятся нерациональное соотношение основных пищевых веществ, недостаточное содержание полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов (кальция, железа, йода и др.), пищевых волокон. Повсеместно отмечается избыточное потребление хлебобулочных и кондитерских изделий, соли и добавленного сахара. Вследствие нарушений принципов рационального питания ухудшаются показатели здоровья и антропометрические

характеристики детей и подростков [1]. Показатели состояния здоровья детей и подростков ухудшаются в процессе воспитания и обучения, особенно в школе от младших классов к старшим. По сведениям НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, в настоящее время менее 5 % учащихся младших классов школы могут считаться абсолютно здоровыми, к старшим классам их численность уменьшается до 3 % [5, 10].

Популяционные мониторинговые исследования последних лет (2008-2018 гг.), проведенные сотрудниками Центра питания НИИ здоровья СВФУ имени М.К. Аммосова в трех медико-экономических зонах республики свидетельствуют о существенных негативных отклонениях от норм обеспеченности взрослого и детского населения целым рядом пищевых веществ, в первую очередь, витаминами А, С, В<sub>2</sub>, железом и кальцием, йодом, полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами. Результаты этих исследований показали достоверную связь некачественного питания с развитием дефицитных состояний и болезней обмена веществ. В динамике за 10 последних лет среди детского населения Республики Саха (Якутия) наблюдается статистически значимое увеличение показателей заболеваемости ожирением. Распространенность ожирения в сельскохозяйственных районах (с 2,6 до 11,3) была статистически значимо ниже, чем в арктических (с 4,6 до 14,6 (в 3 раза)) и промышленных группах районов (с 5,9 до 17,2 (в 4 раза) на 1000 детского населения) [2, 3].

Анализ состояния фактического питания выявил некоторые особенности питания среди городских и сельских детей и подростков. В ежедневном рационе сельских школьников больше присутствовали мясные продукты. Из видов мяса предпочтение отдавали говядине 40–50 %, жеребятине – 38,4–52 %, свинину употребляли 10–14 % детей. Рыба в ежедневном рационе присутствовала в малом объеме – от 10 до 17 г/сут. Что же касается молока, то во всех половозрастных группах отмечено частое потребление молока с низким содержанием жирности (0,5–2,5 %). Кисломолочные продукты (кефир, йогурт, творог) употребляла только половина обследуемых детей и подростков, остальная половина не употребляла. При выборе кисломолочных продуктов дети отдавали предпочтение продукции местных производителей.

Такое нерациональное питание является причиной нарушений здоровья и развития болезней детского возраста и сказывается на развитии детей в последующие годы жизни. У 53,3 % обследованных подростков в возрасте 15 – 17 лет выявлены функциональные расстройства зрения, у 40 % – эутиреоидный зуб, у 26,7 % – хронические очаги инфекции, у 66,7 % – заболевания и травматические повреждения опорно-двигательного аппарата, у 30 % – низкий уровень индекса массы тела. При изучении информированности и пищевых привычек выявлено, что во всех случаях фактическое потребление было намного ниже, чем информированность детей и подростков о здоровом питании.

Результаты эпидемиологических исследований по изучению фактического питания и пищевых привычек среди детей и подростков, обучающихся в образовательных организациях Республики Саха (Якутия), в динамике за 10 лет являются обоснованием для решения вопросов качественной и безопасной организации школьного питания на государственном и законодательном уровне. При этом надо учитывать, что организация школьного питания определяется в нормативном материале как самостоятельная отрасль экономики, состоящая из предприятий различных форм собственности и организационно-управленческой структуры, обеспечивающая питание детского населения, а также производство и реализацию готовой продукции и полуфабрикатов как в образовательных организациях, так и вне их.

В связи с нарушением режима питания за время учебы у многих студентов развиваются заболевания пищеварительной системы, а также анемии, гипертоническая болезнь, неврозы и др. Результаты исследований фактического питания студентов высших и средних профессиональных образовательных учреждений на территории республики показали отсутствие в рационах таких основных продуктов питания как кисломолочные, рыбные продукты и яйца. В рационах было характерно избыточное потребление хлебобулочных, кондитерских изделий, сахаросодержащих продуктов и сладостей.

Остро стоят вопросы организации питания в учреждениях социальной защиты и лечебно-профилактических учреждениях республики. Проблем достаточно, от нехватки профессиональных кадров, недостаточного обеспечения качественными продуктами питания до отсутствия специализированных продуктов функционального назначения.

Основными проблемами при оптимизации питания в организованных учреждениях республики являются отсутствие системы питания различных групп населения; несоответствие материально-технической базы и качества технологического оборудования в части пищеблоков и столовых; отсутствие комбинатов питания; отсутствие единых рационов-меню по физиологической потребности с учетом особенностей условий проживания, обучения, традиций питания; наличие проблемы обеспечения пищеблоков сельских учреждений системами холодного и горячего водоснабжения; отсутствие системы мониторинга питания, здоровья и обучения; недостаточное развитие транспортной инфраструктуры на территории республики, в отдаленных северных районах – продукты доставляются только в короткие сроки навигации или авиатранспортом, что затрудняет поставки продуктов и соответственно организацию питания в образовательных организациях и учреждениях социальной защиты (детские сады, школы, интернаты, больницы). Остро стоит вопрос обеспечения профессиональными кадрами для качественной организации питания на местах.

В последние годы усиливаются антропогенные и техногенные воздействия человека на окружающую среду. В связи с этим в экстремальных условиях Якутии загрязнение окружающей среды идет ускоренными темпами. Учитывая это, за последние годы большое значение придается диагностике загрязнений окружающей среды различными токсикантами по пищевой цепи: почва→растения→продукция растениеводства, животноводства→человек. Для этих целей используют различные объекты. В условиях Якутии такими «индикаторами» может быть продукция якутской лошади, оленей, содержащихся круглогодично на пастбищах, рыбы рек, озер, продукция растениеводства и природное фитосырье. Наиболее показательным «индикатором» состояния окружающей среды является состояние здоровья, заболеваемость населения, зависящие не только от социально-экономического уровня, санитарно-гигиенических и других факторов, но и также от экологического состояния окружающей среды, качества пищевой продукции.

Питание населения арктических территорий Республики Саха (Якутия) имеет свои региональные особенности, которые характеризуются низкой энергетической ценностью рационов, наличием дефицита основных компонентов пищи, несбалансированностью нутриентного состава, а также недостаточным формированием у населения ценностей традиций и культуры питания. Рационы не имеют разнообразия продуктов и блюд, характерно недостаточное потребление основных продуктов питания, таких как молочные, мясные, рыбные продукты, яйца, овощи, фрукты и ягоды. Население больше употребляет хлебобулочные и кондитерские изделия. Наблюдается изменение в традиционном питании коренных народов Севера, в среднем 10-16% населения редко употребляют национальные продукты и блюда [9].

Результаты мониторинговых эпидемиологических исследований, проведенных в Республике Саха (Якутия) за последние десятилетия, являются фундаментальной

научно-методической и аналитической базой для обоснования научно-практических рекомендаций по оптимизации системы питания различных групп населения. Эти данные в перспективе должны стать инструментом для разработки проектов, законодательных актов и нормативно-правовых документов в области совершенствования системы питания различных групп населения Республики Саха (Якутия). Отсутствие единой системы питания приводит к различным толкованиям при разработке различных программ не только по производству, завозу продуктов, расходованию бюджетных средств, а также по рациональному питанию человека в условиях Республики Саха (Якутия) [2].

Многие аспекты принципов питания народов Арктики и Севера: молочнокислая пища, кумыс, бессолевая диета, повышенное потребление высококалорийной пищи (жиров) в условиях низких температур и т.д., признаются гигиенически целесообразными и полезными. В Республике Саха (Якутия) имеется уникальное природное сырье для производства продуктов общего и функционального назначения [6].

Негативное влияние на структуру питания оказывают не только социально-экономическое положение населения, но и низкий уровень знаний населения по вопросам рационального питания как составляющей здорового образа жизни [4].

И поэтому, в современных экологических условиях нашей задачей является переориентация населения на потребление продуктов наиболее значимых с позиций здорового питания.

Необходимо повышать образовательный уровень населения в вопросах здорового питания, суть которого кратко можно сформулировать следующим образом: здоровое питание = экологические возможности + здоровый ассортимент пищевых продуктов + уровень образования в вопросах рационального питания [11].

При этом, при распространении информации о здоровом питании должны принимать активное участие не только официальные средства массовой информации республики, но и в качестве партнеров – коммерческие организации [7, 8].

Укрепление здоровья, снижение распространенности алиментарно-зависимых заболеваний, увеличение ожидаемой продолжительности жизни и повышение качества жизни коренного и пришлого населения Республики Саха (Якутия) за счет развития теории и практики персонализированного питания, разработки эффективных технологий и методов профилактики нарушений здоровья населения с раннего возраста, а также повышение адаптационных возможностей коренного и пришлого населения к изменяющимся условиям климата и глобализации Арктических территорий и обеспечение продовольственной безопасности республики являются крайне актуальными задачами социально-экономического развития региона. При этом главную роль в решении этих задач играют эффективные взаимодействия Правительства Республики Саха (Якутия), федеральных надзорных, образовательных и научных учреждений, производственных структур и общественных организаций.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственных заданий Минобрнауки России №17.6344.2017/БЧ и научного проекта РФФИ №17-21-08001.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильмс Е.А., и др. Надзор за питанием населения Российской Федерации: современное состояние и перспективы развития // *Фундаментальные исследования*. 2013. №7/1. С. 31 Режим доступа: [http://www.rae.ru/fs/pdf/2013/2013\\_07\\_1.pdf](http://www.rae.ru/fs/pdf/2013/2013_07_1.pdf) (дата обращения 03.04.2015г.)
2. Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) с 2001 по 2018 гг.»

- [Электронный ресурс].-режим доступа: <http://14.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения 15.05.2019)
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. С. 31-34.
  4. Грешонков А.М., Абрамова Л.М. Смена ориентиров Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации // Социально-экономические явления и процессы. Тамбов, 2014. № 9/9. С.32-33 Режим доступа: <http://www.sep-journal.ru/index.php/archive> (дата обращения 03.04.2015г.).
  5. Каганов Б.С., Шарафетдинов Х.Х., Батулин А.К. Питание подростков: современные взгляды и практические рекомендации // Качество жизни. Медицина. 2008. № 1. С. 56–64.
  6. Лебедева У.М. и др. Пищевая ценность национальных молочных продуктов с добавлением лесных ягод и дикорастущих пищевых растений Якутии // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 6. С. 132–140.
  7. Научно-методическое и инновационное обеспечение оптимизации питания населения Республики Саха (Якутия) / Лебедева У. М. [и др.] // Вопросы питания. 2014. № 3. С. 25-27.
  8. Эпидемиологическая оценка фактического питания и пищевых привычек среди различных групп населения Республики Саха (Якутия) / Лебедева У. М. [и др.] // Питание и здоровье: сб. статей Международного конгресса; Международной конференции детских диетологов и гастроэнтерологов. Москва: Издательский дом Династия, 2013. с. 60.
  9. Лебедева У.М., Абрамов А.Ф. Основы рационального питания населения Якутии. Якутск: ИД СВФУ, 2015. С. 74–101.
  10. Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Кешабянц Э.Э. и др. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет // Вопр. питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 50–60.
  11. Тутельян В.А. и др. Политика в области здорового питания населения Республики Саха (Якутия) // Якутский мед. журн. 2015. Т. 3, № 51. С. 6–9.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ, РЕЖИМА ВЕТРА И МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

*И.А. Репина*

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, [repina@ifaran.ru](mailto:repina@ifaran.ru)

**Введение.** Арктика и северные районы Евразии являются одним из наиболее чувствительных регионов к глобальным климатическим изменениям [1,2], где скорость роста температуры примерно в 2 раза выше, чем на всей планете в целом [2]. Рост температуры сопровождается изменениями других атмосферных переменных [3], в частности сокращением льда в Арктике [4,5], изменением гидрометеорологического режимов и изменениями облачного покрова [6,7].

В настоящее время Арктика привлекает повышенное внимание не только как регион с наиболее заметными климатическими изменениями, но и как мировая кладовая полезных ископаемых, перспективы разработки которых активно обсуждаются. Для России, владеющей основной частью арктического шельфа, Арктика

является и перспективной торговой и транспортной артерией, так как в последние десятилетия открываются новые возможности использования Северного Морского пути.

Но климатические изменения могут привести и к не столь благоприятному исходу. Среди наиболее катастрофических последствий для прибрежных арктических районов: усиление эрозии крутых берегов, деградация уникальных прибрежных и морских экосистем, повреждение жилых зданий и технических сооружений, изменение топографии дна в результате эрозии. Климатические изменения в северной полярной области могут вызвать изменения в глобальной атмосферной циркуляции и меридиональном переносе тепла, что приведет к усилению циклонической активности в регионе. Увеличение площади морской поверхности свободной ото льда усиливает роль ветровых волн в Арктическом бассейне. Рост наблюдаемых в регионе высот волн, обусловленный увеличением пространственных масштабов их генерации (разгона волн), несет в себе угрозу платформам по добыче углеводородов на континентальном шельфе, судам, идущим по Северному морскому пути или его участкам, а также береговым сооружениям, в том числе за счет увеличения скорости эрозии берега. Уменьшение продолжительности ледового сезона активизирует динамику льда, увеличивая его торосистость, и, в результате усиливается воздействие дрейфующих в ледяных полях торосистых образований на дно. Увеличение продолжительности динамически активного периода приводит к усилению воздействия волн на берег, что, несомненно, сказывается на динамике берегов, вызвав усиление их абразии. Воздействие этих катастрофических явлений может усугубляться возрастающей уязвимостью человеческого общества; например Европа и Россия ставятся более уязвимыми с учетом растущей урбанизации, интенсивной разработки естественных ископаемых на Арктическом шельфе и в северных морях, и с увеличением морских транспортировок по северным морским путям.

#### ***Морской лед***

В конце сентября 2007 года площадь льда в Северном Ледовитом океане за несколько летних месяцев сократилась почти на 40% по сравнению со средним летним минимумом за период 1979-2000 г., т.е. с начала постоянных спутниковых наблюдений. В течение 6-ти последующих лет летняя площадь льда то увеличивалась, то сокращалась, постоянно оставаясь на уровне значительно ниже среднего минимума 1979-2000 г. Начиная с 2009 года, минимальная летняя площадь льда неуклонно снижалась, побив рекорд 2007-го года через пять лет – в сентябре 2012, когда площадь морского льда сократилась почти вдвое (на 48%) по сравнению со средней сентябрьской. Важно также то, что это сокращение заметно проявилось в самой высокоширотной части Северного Ледовитого океана (от 75°с.ш. до Северного полюса, рисунок 3), т.е. в той части океана, которая до начала 2000х годов была круглогодично покрыта сплоченным многолетним льдом. В 2013-м году произошло частичное восстановление ледяного покрова, но по настоящее время сентябрьская площадь льда, тем не менее, не превысила наблюдавшуюся в 2009 году.

#### ***Ветровой режим Арктики***

Изменчивость скорости ветра в Арктике исследуется в большом количестве работ как по данным наблюдений наземных станций на островах и побережьях Арктики [8, 9], данных спутниковых альтиметров, так и по данным реанализов. Для будущего климата рассматривается изменение средних и экстремальных значений скорости ветра по данным моделей СМIP5.

Оценки текущего изменения скорости ветра и высоты волнения в Арктике очень сильно разнятся при рассмотрении разных периодов, сезонов, регионов и источников данных. Согласно Второму оценочному докладу Росгидромета, на фоне общего уменьшения скорости ветра на территории России, слабые положительные тренды на станциях отмечаются лишь на Новой Земле, Северной Земле и севере Таймыра, а

весной и на северо-западе Чукотки. Однако число дней со скоростью ветра более 15 м/с на берегу Северного Ледовитого океана сильно уменьшилось (на 10-20% за декаду). Для акваторий российских арктических морей также проводился анализ трендов метеорологических параметров по данным GLDAS за 1979-2011 гг, который выявил отрицательный тренд в море Лаптевых, Белом море и особенно сильный в Восточно-Сибирском море, в то время как в Чукотском и особенно Баренцевом море тренд скорости ветра положительный. На побережье канадской Арктики тренды скорости ветра по данным наблюдений на станциях положительные, в отличие от континентальной части Канады, где скорость значительно уменьшается в последние 60 лет. Такая картина распределения трендов близка к той, что получена для территории России.

### *Морское волнение*

При уменьшении покрытия Арктического бассейна морскими льдами следует ожидать усиления интенсивности морского волнения в связи с увеличением длины разгона волн. Уровень волнообразования зависит от ветровой активности в атмосфере, длины волны, сплоченности льда, размера ледовых полей. Рост наблюдаемых в регионе высот волн, обусловленный увеличением пространственных масштабов их генерации (разгона волн), несет в себе угрозу платформам по добыче углеводородов на континентальном шельфе, судам, идущим по Северному морскому пути или его участкам, а также береговым сооружениям, в том числе за счет увеличения скорости эрозии берега. Особую важность представляет и взаимодействие ветровых волн с морским льдом. При штормовых ветрах возможно развитие сильного волнения, способного разрушить лед и сместить границы кромки льда на тысячи километров, образовав тем самым положительную обратную связь, еще больше увеличив доступный для волн масштаб разгона. (см. Рис. 1 с примером ледовых условий летом 2012 г.). В частности, в районе Чукотского моря и моря Бофорта по описанному сценарию в августе 2012 г. площадь ледового покрова сократилась на  $10^6$  км<sup>2</sup> за 4 суток в результате воздействия ветровых волн, образовавшихся при прохождении через район двух циклонов [10].

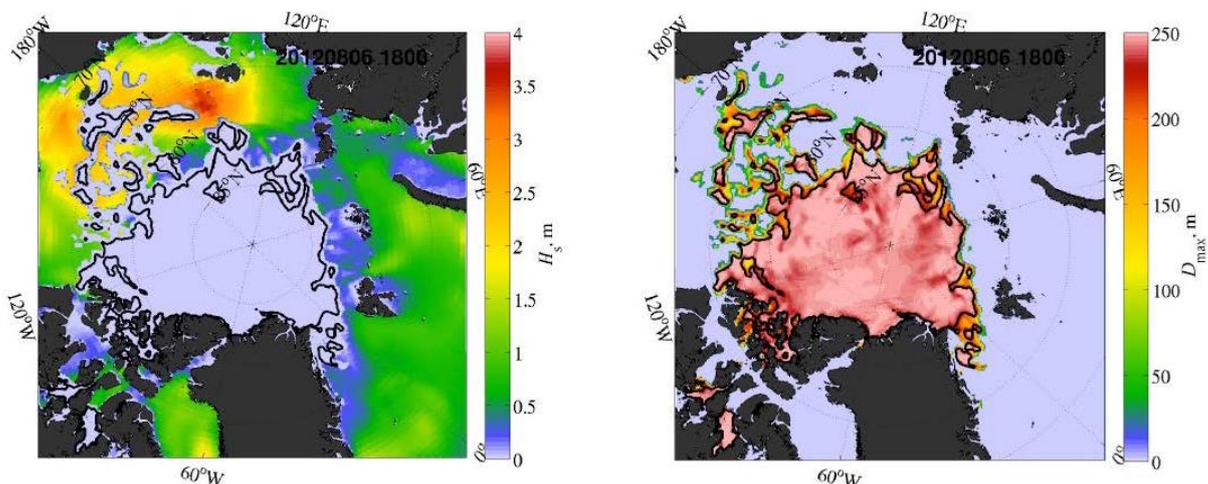


Рис. 1 - Результат летнего шторма 2012 г. из прогностической системы TOPAZ. Прогноз волнения был выполнен из модели Global WAVEWATCH III.

Левый рисунок показывает предсказанную значимую высоту волн (волн выше 4 м. не наблюдается), сплошная линия показывает границу сплошного льда. Правый рисунок показывает прогноз максимальных размеров ледяных полей, образовавшихся в результате разрушения льда волнами. Сплошная линия та же, что и на левом рисунке и обозначает границу льдин больших 250 м. Наибольшее количество разрушенных льдин наблюдается в тихоокеанском секторе.

Моделирование взаимодействия морского волнения и льда имеет давнюю историю. В настоящее время наибольшие ошибки в моделировании морского волнения наблюдаются в прикромочных зонах. После ветра в Арктике морской лед и айсберги играют наиболее важную роль в формировании морского волнения. Попытки включить лед в модели морского волнения были и раньше, например, для описания диссипации зыби. Данные дистанционного зондирования также используются для валидации модели в прикромочных зонах. В используемой в настоящее время версии глобальной модели прогноза волнения WAVEWATCH, границы морского льда задаются из прогностической модели (ECMWF), которая основана на грубом разрешении (25 км) данных по морскому льду со спутников SSM/I.

В работе [8], где рассматривается климатология и тренды высоты волны и скорости ветра по данным альтиметров в летние месяцы в период 1996-2015 гг., в целом отмечается положительный тренд средних и экстремальных значений высоты волн для большей части морей Арктики, а также для экстремальных значений (90 и 99 перцентиль) скорости ветра.

**Заключение.** Проведенный в статье анализ показывает большую вероятность возрастания частоты повторяемости опасных гидрометеорологических явлений в Арктике при современных изменениях климата. В особенности, при уменьшении площади ледяного покрова. Согласно модельным оценкам, при антропогенных сценариях отступление морского льда в Арктике будет продолжаться и дальше, что может существенно продлить сезон морской навигации и приблизить перспективу использования новых высокоширотных маршрутов для судоходства. В последние годы, признавая важность и необходимость развития Северного морского пути, Правительство РФ приняло ряд государственных программ, предусматривающих дальнейшее развитие и освоение арктического региона и его континентального шельфа, базовое инвестирование в объекты транспортной и логистической инфраструктуры в акватории российского участка СМП, строительство новых атомных ледоколов, использование новых технологий и экологической защиты для использования в районах Арктики и Крайнего Севера. При этом климатические изменения несут в себе как негативное, так и позитивное влияние — важен учет и оценка рисков.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-05-80065-опасные явления.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ACIA. 2005. Arctic climate impact assessment. Cambridge: Cambridge University Press.
2. IPCC. 2014. Summary for policymakers. In Climate change 2014: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, ed. T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
3. Serreze M.C., Barry, R.G. 2011. Processes and impacts of Arctic amplification: A research synthesis // Global and Planetary Change. 2011. V. 77(1-2). P. 85-96.
4. Stroeve J., Holland M.M., Meier W., Scambos T., Serreze M. Arctic sea ice decline: Faster than forecast // Geophysical research letters. 2007. V. 34(9).
5. Liu Y., Key J.R., Wang X. Influence of changes in sea ice concentration and cloud cover on recent Arctic surface temperature trends // Geophysical Research Letters. 2009. V. 36(20).
6. Wang X., Key J.R. Arctic surface, cloud, and radiation properties based on the AVHRR Polar Pathfinder dataset. Part I: Spatial and temporal characteristics // Journal of Climate. 2005. V. 18(14). P.2558-2574.

7. Eastman R., Warren S.G. Interannual variations of Arctic cloud types in relation to sea ice // *Journal of Climate*. 2010. V. 23(15). P.4216-4232.
8. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Алексеев Г.В., Ананичева М.Д., Анисимов О.А и др. М.: Государственный научный центр Российской Федерации "Арктический и антарктический научно-исследовательский институт", Федеральной служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2014.
9. Wan H., Wang X.L., Swail V.R. Homogenization and trend analysis of Canadian near-surface wind speeds // *Journal of Climate*. 2010. V. 23(5). P. 1209-1225.
10. Parkinson C. L., Comiso J. C. On the 2012 record low Arctic sea ice cover: Combined impact of preconditioning and an August storm // *Geophys.Res.Lett.* 2013. 40(7). P.1356-1361.

## **ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ ДИОКСИНОВ И ФУРАНОВ В ЭКОСИСТЕМАХ ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

*А.Ф. Троянская*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П.Лаверова РАН, г. Архангельск, trojanskaya.antonina@yandex.ru

Экологическая безопасность – неотъемлемая часть устойчивого развития и предполагает выведение из окружающей среды опасных для здоровья человека химических соединений, как следствия бурного развития химической промышленности в начале прошлого столетия. Особое внимание уделено группе чрезвычайно распространенных стойких органических загрязнителей (СОЗ), к которым относятся полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ). Обладая токсическими свойствами, устойчивостью к разложению, липофильностью, являясь объектом трансграничного переноса по воздуху, воде и мигрирующим видам на большие расстояния от первоначальных источников загрязнения, накапливаются в тканях живых организмов и объектах окружающей среды, представляя глобальную экологическую проблему.

Для осуществления международных мер, направленных на снижение и предотвращение поступления СОЗ в окружающую среду к 2001 году был разработан глобальный правовой документ «Стокгольмская конвенция о СОЗ» (далее «Конвенция»), имеющий обязательную юридическую силу. Особо выделены арктические экосистемы, как зона аккумуляции СОЗ, усиливающих свою устойчивость в условиях холодного климата. С вступлением в силу Конвенции в 2004 году на международном уровне началось активное движение по предотвращению загрязнения СОЗ. ПХДД и ПХДФ (обобщающий термин «диоксины») относятся к категории СОЗ непреднамеренного производства, минимизация сброса которых достигается технологическим путем (статья 5 Конвенции). Природоохранное законодательство, основанное на принципе «наилучших доступных технологий», принятое в развитых странах в 90-годы, благоприятствовало модернизации промышленных производств и сокращению эмиссии ПХДД и ПХДФ. Инструментом выполнения Конвенции является инвентаризация источников эмиссии ПХДД и ПХДФ, что достигается их количественной оценкой в системе мониторинга в соответствии с международными методическими документами.

Конвенция о СОЗ, подписанная Россией в 2002 году, была ратифицирована только в 2011 году с первоначальным списком из 12 СОЗ, включая ПХДД и ПХДФ. В

2002 году был принят новый Федеральный закон «Об охране окружающей среды», предполагающий переход на технологическое нормирование выбросов – законодательной базы предотвращения загрязнения непреднамеренными СОЗ. Однако переходный период начался только в 2015 году с вступлением в силу ФЗ № 219 от 21.07. 2014 г. Только в октябре 2017 года был утвержден «План выполнения Российской Федерацией обязательств, предусмотренных Стокгольмской конвенцией о СОЗ». Все это сдерживало принятие мер по предотвращению загрязнения окружающей среды диоксинами в России.

Промышленный потенциал северных территорий России характеризуется развитым лесопромышленным комплексом, традиционно связанным с применением хлора и его соединений. В течении длительного времени (с 50-х годов прошлого века) в бассейн реки Северной Двины сбрасывались диоксинсодержащие стоки от производства белой целлюлозы с использованием хлора на трех крупных целлюлозно-бумажных комбинатах. Долговременное (30 лет) применение диоксинсодержащего пентахлорфенолята натрия (ПХФН) в качестве биоцида в деревообрабатывающей промышленности привело к формированию загрязнения окружающей среды диоксинами по типу «горячих точек» [1,2].

Учитывая актуальность и специфичность проблемы для Архангельской области в ИЭПС УрО РАН на основе международного опыта была разработана региональная «антидиоксиновая» программа, в рамках которой совместными усилиями областной администрации, предприятий ЦБП с 1995 года осуществлялась региональная политика по предотвращению загрязнения окружающей среды Архангельской области диоксинами [2]. Определение диоксинов в исследуемых средах проводилось в аккредитованных лабораториях: в Институте проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН (г. Москва) и в Институте экспериментальной метеорологии ГУ НПО «Тайфун» (г. Обнинск).

При изучении приоритетных региональных источников поступления диоксинов в почву, водную среду и атмосферу выявлены характерные конгенерные профили («fingerprint») ПХДД и ПХДФ, позволяющие установить их вклад в формирование диоксинового загрязнения экосистем северных территорий при проведении эколого-аналитического мониторинга окружающей среды в условиях интегрированной антропогенной нагрузки. Типичный конгенерный профиль процесса отбеливания хлором характеризуется доминирующим вкладом (72,5-88,0%) в эквивалентную токсичность суперэкоотоксиканта 2,3,7,8-тетрахлордibenзодииокси́на (ТХДД). Сочетание трех конгенеров ПХДД: 2,3,7,8-тетра-, 1,2,3,7,8-пента- и 1,2,3,4,7,8-гексахлордibenзодииокси́нов при суммарном вкладе в эквивалентную токсичность от 75 до 92% отражают «fingerprint» отечественного препарата пентахлорфенолята натрия [3].

Реализация модели технологического нормирования при производстве белой целлюлозы с использованием международных нормативов ЕРА (США), а также Директивы ЕС (ИРРС) позволила с 1996–2000 гг оценивать в системе мониторинга количественное содержание ПХДД и ПХДФ, образующихся в технологическом цикле производства белой целлюлозы в ходе поэтапной модернизации на АО «Архангельском ЦБК» и АО «Монди Сыктывкарский ЛПК». В 2006–2011 годах на этих предприятиях факторы эмиссии ПХДД и ПХДФ в переносящие среды уже не превышали установочные значения для «наилучших доступных технологий». Годовая эмиссия ПХДД и ПХДФ в переносящие среды от химических процессов (отбеливание) сократилась в 4-5 раз относительно термических процессов (сжигание черного щелока и коро-древесных отходов), что отражает ситуацию характерную для развитых стран, проводящих экологическую политику по предотвращению загрязнений СОЗ [4, 5].

Проведена локализация участков почв на территории лесозаводов, загрязненных диоксинами от применения ПХФН в прошлом, как этап для принятия мер по

предотвращению загрязнения согласно Конвенции. Установлено, что на территорию Архангельской области с пентахлорфенолятом натрия поступило на два порядка большее количество ПХДД и ПХДФ в пересчете на самый токсичный 2,3,7,8-ТХДД, чем со стоками хлорной отбелки целлюлозы от всех целлюлозных заводов. Выявлено присутствие остаточных количеств 2,3,7,8-ТХДД в почвах лесозаводов спустя 7-17 лет после прекращения использования, что предполагает функционирование источников вторичного загрязнения.

К обязательствам по выполнению Конвенции в качестве международных мер по предотвращению загрязнения СОЗ (статья 11 Конвенции) относится осуществление мониторинга, научных исследований по выявлению их «судьбы» в окружающей среде, т.е. уровни, тенденции, перенос, и т.д. В отличие от развитых стран в России информация по распространению «непреднамеренных» СОЗ ограничена и недостаточна, так как мониторинг ПХДД и ПХДФ (при высокой стоимости анализа), имеет выборочный характер.

С 2000 года ИЭПС УрО РАН организован и выполняется региональный эколого-аналитический мониторинг ПХДД и ПХДФ в депонирующих матрицах - донных осадках водных экосистем бассейна северных рек Северной Двины и Онеги [6]. Отбор проб донных осадков проводится с учетом морфологических, гидрологических и гидрохимических особенностей исследуемых водоемов; географическое местоположение станций отбора проб фиксировалось с помощью GPS-навигаторов.

По результатам мониторинга донных осадков устья Северной Двины в 2000 году уровни содержания диоксинов в эквивалентной токсичности (I-TEQ) варьировали от 1,63 до 9,21 пг I-TEQ /г воздушно-сухого вещества, что на порядок выше фоновых значений, установленных для Северной Двины [7]; максимальные значения наблюдали возле лесозаводов, применявших ПХФН в прошлом – от 17,5 до 76,1 пг I-TEQ/г, а в устье реки Онеги от 22,4 до 223 пг I-TEQ/г. При доминировании конгенерного профиля ПХФН в донных осадках устьев рек, только в зоне влияния стоков Архангельского ЦБК на приустьевом участке Северной Двины, распределение конгенерных ПХДД и ПХДФ году отражали «fingerprint» процесса отбелки целлюлозы хлором с доминирующим вкладом 2,3,7,8-ТХДД/ТХДФ в эквивалентную токсичность осадков. В 2005 году после выведения хлора из технологического процесса конгенерный профиль ПХДД и ПХДФ зоне влияния АЦБК представлял комбинацию источников, связанных с процессами отбелки целлюлозы и сжигания/горения (выбросы всех видов транспорта, энергетических установок и т.д.). При этом в 2005 году в устье Северной Двины при более узком диапазоне концентраций диоксинов от 0,18 до 3,78 пг I-TEQ/ г максимальные значения (до 34,8 пг I-TEQ/г) также формировались возле территорий лесозаводов [8].

В зоне смешения речных и морских вод, на морском крае дельты Северной Двины содержание ПХДД и ПХДФ составляло 0,77 и 0,61 пг I-TEQ /г соответственно. В 2009 году в донных осадках на взморье и в Двинском заливе Белого моря были найдены от 0,02 , 0,18 и 0,33 пг I-TEQ /г. По специфичному профилю ПХДД и ПХДФ установлена связь загрязнения с применением ПХФН [9].

По результатам мониторинга донных осадков реки Вычегды на участке протяженностью около 90 км выше и ниже выпуска стоков АО «Монди СЛПК» в 2003 году концентрации ПХДД и ПХДФ составляли от 6,4 до 43,2 пг I-TEQ/г с более узким диапазоном значений от 0,42 до 9,3 пг I-TEQ/г в 2011 году. Сходство конгенерных профилей ПХДД и ПХДФ предполагало общий источник диоксинового загрязнения реки, связанный с применением в прошлом хлорорганических гербицидов в целях лесовосстановления. Характерный для отбелки профиль ПХДД и ПХДФ был идентифицирован только на участке до 0,6 км ниже выпуска стоков СЛПК в 2003 году. В 2008 году хлор был полностью исключен из технологического цикла производства беленой целлюлозы.

В донных осадках малых озер, подверженных прямому или косвенному воздействию, связанному с применением ПХФН, концентрации ПХДД и ПХДФ, найденные спустя 12–17 лет после прекращения его использования (в конце 80-х годов) на два–три порядка превышали значения в речных осадках. В озерных экосистемах на юго-западе Архангельской области, не подверженных прямому влиянию, в 2002, 2008 и 2009 годах уровни содержания ПХДД и ПХДФ в донных осадках составляли от 0,13 до 22,7 нг I-TEQ /г и формировались за счет атмосферного переноса с загрязненных территорий [10]. В 60% проб выявлен «fingerprint» пентахлорфенолята натрия; в остальных пробах осадков распределение конгенов ПХДД и ПХДФ отражали комбинацию источников, связанных с ПХФН и процессами сжигания органического сырья, самыми распространенными источниками диоксинов в окружающей среде.

В 2010 году в ходе рекогносцировочных исследований ПХДД и ПХДФ были найдены в донных осадках субарктических озер, расположенных на острове Вайгач (0,50 пг I-TEQ /г) и на территории Большеземельской тундры (0,85 пг I-TEQ /г). Показана связь загрязнения, формирующегося под влиянием атмосферного переноса из низких широт, с применением хлорорганических препаратов в лесопромышленном комплексе в прошлом и настоящем [11].

Полученные данные являются базовыми для дальнейшего развития на государственном уровне системы мониторинга содержания полихлорированных диоксинов и фуранов в окружающей среде, а также мониторинга состояния здоровья населения в связи с воздействием СОЗ согласно с принятым в 2017 году «Планом выполнения Российской Федерацией обязательств, предусмотренных Стокгольмской конвенцией о СОЗ».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдахин Ф.Н., Кутинов Ю.Г., Шварцман Ю.Г., Киселев Г.П., Троянская А.Ф. Факторы, влияющие на глобальные изменения окружающей среды на Европейском Севере/ Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. Санкт Петербург. ВНИИОкеанология. 2002. С. 857-873.
2. Троянская А.Ф., Миняев А.П. «Экологическая политика по проблеме СОЗ лесопромышленного комплекса на территории Архангельской области» // Материалы Общероссийского совещания при комитете экологии Госдумы РФ. Экологическая безопасность в химической промышленности. Москва. 10 октября. 2003.
3. Троянская А.Ф., Мосеева Д.П., Рубцова Н.А. Содержание токсичных примесей в промышленных полихлорфенольных препаратах //Химия в интересах устойчивого развития. 2004. Т. 12. № 2. С. 225-231.
4. Троянская А.Ф., Рубцова Н.А., Белоглазов В.В., Соболева Т.В., Кузнецов А.В., Цыганов С.П. Реализация модели технологического нормирования для обеспечения экологической безопасности производства сульфатной целлюлозы на предприятиях севера России // Пленарные доклады. Материалы девятой международной научно-технической конференции PAP-FOR 2006. г. Санкт-Петербург. 20-21 ноября. 2006. С. 43-48.
5. Троянская А.Ф. Научно-технические и правовые аспекты предотвращения негативного воздействия производства белой целлюлозы на окружающую среду // Региональная экология. 2018. № 3. С. 7-20.
6. Троянская А.Ф. Эколого-аналитический контроль и мониторинг СОЗ в целях обеспечения экологической безопасности на современном этапе модернизации в лесопромышленном комплексе на Северо-Западе РФ // Тезисы пленарных докладов VIII Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика – 2011». Архангельск. 26 июня-2 июля. 2011. С.55.

7. Юфит С.С., Ключев Н.А., Бродский Е.С. Характер диоксинового загрязнения Архангельского региона //Диоксины супертоксиканты XXI века. Регионы России. Информационный выпуск. № 3. С.13-21
8. Троянская А.Ф., Вельямидова А.В. Стойкие органические загрязнители в донных осадках устья Северной Двины и Двинского залива Белого моря // Геология морей и океанов: Материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва. 14-18 ноября. 2011. С. 162-166.
9. Троянская А.Ф. Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны в донных осадках многорукавного устья Северной Двины // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва. 16-20 ноября. 2009. С. 253-256.
10. Троянская А.Ф., Вельямидова А.В. Приоритетные СОЗ в современных донных осадках малых озер в южных районах Архангельской области //Экология и геологические изменения в окружающей среде северных районов: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск. 24-28 сентября. 2012. С. 205-208
11. Троянская А.Ф., Вельямидова А.В. Стойкие органические загрязнители в субарктических озерах на Европейском крайнем севере России // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 4. С. 535-644.

## **ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ: НОВЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ**

*М.Д. Хуторской*

Геологический институт РАН, Москва, mdkh1@yandex.ru

Рубеж XX и XXI веков можно назвать началом нового этапа изучения и освоения углеводородного потенциала осадочных бассейнов. Это обусловлено не только открытием гигантских месторождений на шельфе Арктических и Дальневосточных морей, но и постепенным истощением запасов сырья в континентальных осадочных бассейнах, например, в Западно-Сибирском (рис.1).

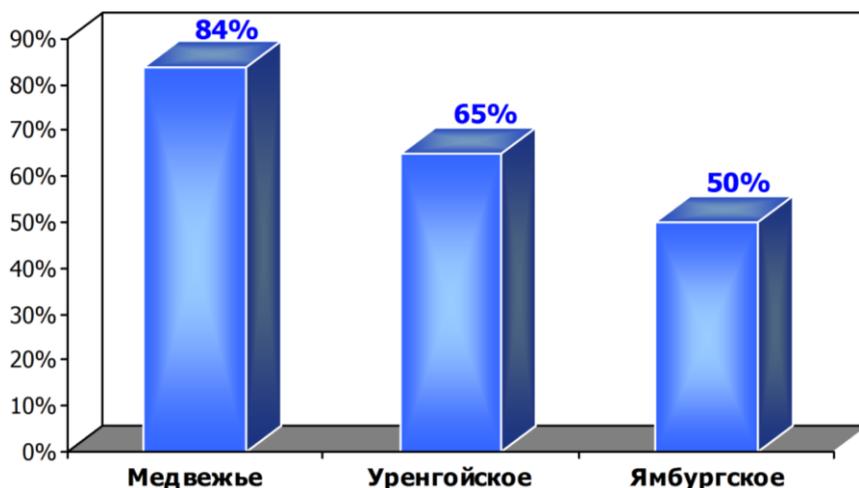


Рис.1 – Количество извлеченного природного газа из месторождений-гигантов Западной Сибири (из доклада А.Н. Дмитриевского на 7-м Российском нефтегазовом Конгрессе. Москва, 2009 г.)

При освоении шельфовых бассейнов возникают геологические, технологические и экологические проблемы, которые, зачастую, не встречались в континентальных осадочных бассейнах. Это может заметно увеличить себестоимость единицы добываемого сырья. Одним из путей снижения затрат может быть применение наукоемких технологий при поисково-разведочных и инженерно-геологических работах. Практическое значение приобретают относительно недорогие, но весьма наукоемкие методы косвенной оценки перспектив нефтегазоносности на базе уже имеющихся геолого-геофизических данных.

Важной особенностью численного моделирования геотермического поля, как и других геофизических полей, является переход к трехмерным моделям, которые априорно для осадочных бассейнов являются наиболее приемлемыми из-за их изометричной и мозаичной структуры. На основе таких моделей могут быть построены произвольно ориентированные плоскости-срезы, наилучшим образом подчеркивающие особенности температурного распределения на любых глубинах. Фактически, такая методика давно известна под термином «томография».

Рассмотрим на ряде термотомографических моделей осадочных нефтегазоносных бассейнов Северной Евразии использование особенностей распределения геотемпературного поля в качестве дополнительного критерия при прогнозировании локализации и глубины залежей углеводородов [1, 2].

Геотемпературные модели Баренцевоморского бассейна.

В геологическом строении осадочного чехла Баренцевоморского бассейна участвуют отложения широкого возрастного диапазона: от венд (?)–кембрийских до кайнозойских. Для непосредственного изучения докайнозойские отложения доступны по периферии моря – на островах и приморских территориях, а также в немногочисленных опорно-параметрических (на островах) и морских поисково-разведочных скважинах.

Геологические разрезы составлены на основании данных сейсморазведки МОВ-ОГТ, проведенной в разные годы ОАО МАГЭ; результатов бурения скважин, выполненных в российском секторе ФГУП АМНГР, а также опубликованных данных изучения скважин норвежского сектора. Сухопутные части профилей составлены по результатам геолого-съемочных работ, выполненных ранее геологами ВНИИОкеангеологии и ПМГРЭ. Для перехода к трехмерной модели все профильные створы помещались на единый трехмерный плот в координатах «широта–долгота–глубина». С помощью объемной интерполяции программы «ТЕСПЛОТ» была получена трехмерная картина распределения температур на всю глубину исследования (до 20 км – в Баренцевом море) (рис. 2а).

Наибольшие значения геотермических градиентов наблюдаются в юго-восточной и восточной частях Баренцева моря, прилегающих к п-ову Канину, о-ву Колгуев и архипелагу Новая Земля. Это естественно вызывает появление температурных аномалий на глубинных срезах. Величина аномалий температуры относительно фоновых значений изменяется от +20°C на глубине 3 км (при фоновых температурах 90–100°C) до +40°C на глубине 5 км (при фоновых температурах 125–140°C).

Однако эти аномалии связаны не с высоким глубинным тепловым потоком в этом районе, а с относительно пониженной теплопроводностью разреза, т.к. в сторону континента увеличивается мощность сравнительно низкотеплопроводного гранитно-метаморфического слоя. Тем не менее, юго-восточная и восточная части Баренцева моря характеризуются подъемом изотермических поверхностей, в том числе и тех, которые контролируют температурный интервал катагенеза углеводородного вещества. С этим, по-видимому, связана приуроченность уже открытых нефтегазовых месторождений именно к «температурному куполу» на юго-востоке и востоке моря (рис. 2б).

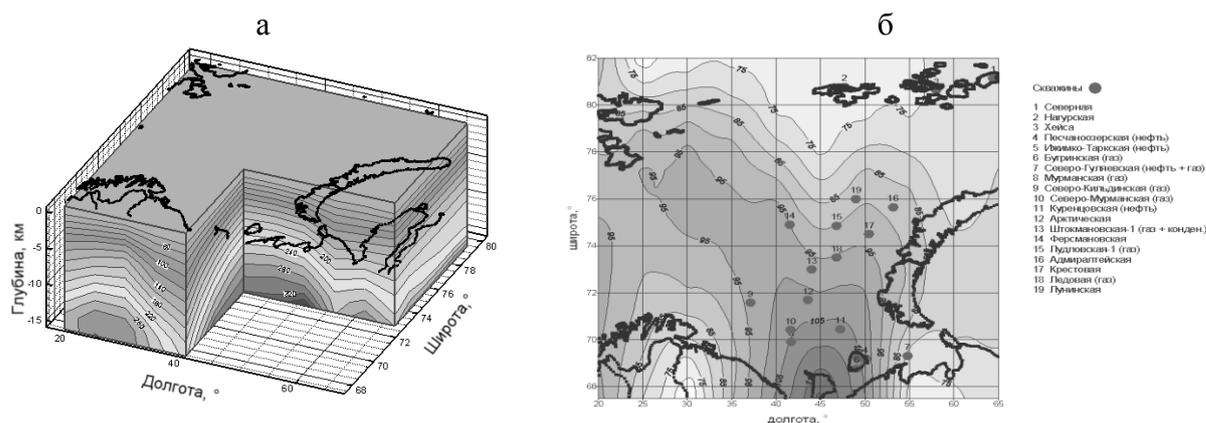


Рис. 2 – 3D-плот температур в осадочном чехле Баренцева моря (а) и термотомографический срез температур на глубине 3 км в Баренцевом море (б)

Трехмерное геотермическое моделирование позволяет прогнозировать глубину поверхностей, ограничивающих интервал возможного нахождения углеводородных залежей, и этим оно отличается от двухмерного моделирования, которое не позволяет «заглянуть» за линию профиля. При изометричности, которая характерна для осадочных бассейнов Западно-Арктического региона, оценки глубин нахождения катагенетических температур по двухмерной модели дают значения относительного расхождения с оценками по трехмерной модели на 10–15%. Этот факт не требует специальных доказательств, так как хорошо известен из классических работ по теории теплопроводности.

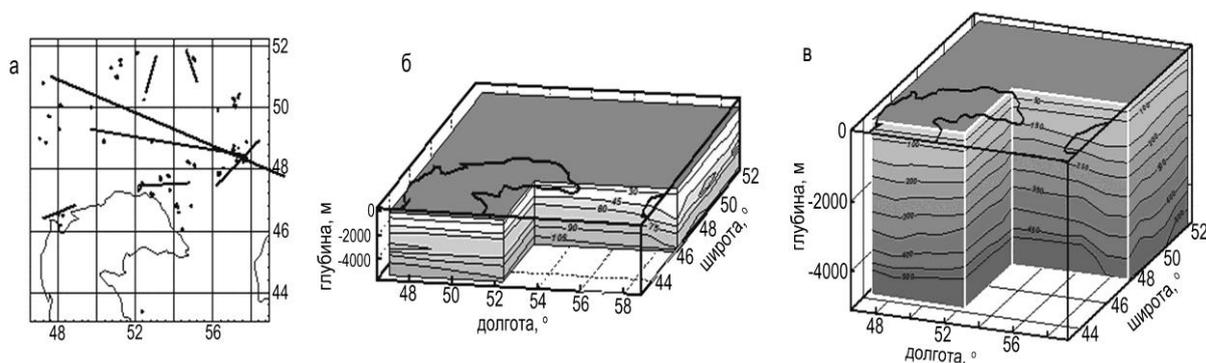
Изучение геотермического поля Западно-Арктического шельфа (Баренцево и Карское моря) показало, что как в температурном поле, так и в значениях плотности теплового потока этих акваторий наблюдается широкий разброс данных, объясняемый нами особенностями тектонической истории региона, существованием структурно-теплофизических неоднородностей и новейшими тектоническими проявлениями: рифтогенезом и деструкцией континентальной коры на окраине шельфа [3]. Вместе с тем, была выявлена тесная пространственная связь локализации месторождений углеводородов и неоднородностей геотемпературного поля: практически все открытые месторождения были приурочены к зонам подъема изотерм в осадочном чехле, к так называемым «термическим куполам» [2]. Эта пространственная корреляция, как показали дальнейшие исследования [3], проявлялась не только в Западно-Арктическом осадочном бассейне, но и в других разнотипных и разновозрастных бассейнах Северной Евразии. Она оказалась настолько убедительной, что мы предположили возможность использования «термических куполов» как поискового признака при прогнозировании нефтегазоносности в неразбуренных или слабо изученных в поисковом отношении регионах.

Термотомография осадочных бассейнов Северной Евразии.

Нами были выбраны наиболее изученные в геотермическом отношении бассейны Северной Евразии, рассмотрены особенности распределения в них теплового потока и проведено двух- и трехмерное моделирование глубинных температур. Таким образом, методически исследования проводились по единой для всех бассейнов схеме, что дало возможность для сравнительного анализа.

Прикаспийский бассейн. Основой для построения трехмерной картины распределения температур и других геотермических параметров явились данные о термометрии скважин, а также измерения теплопроводности основных литологических групп: терригенных пород, сульфатов, галита, вскрытых при бурении. Трехмерная интерполяция проводилась по сетке произвольной конфигурации. В нашем случае была использована неравномерная сетка, «привязанная» к координатам скважин и к

простирацию сейсмических профилей, вдоль которых выполнялись двумерные расчеты глубинных температур (рис. 3а).



а – расположение скважин и сейсмических профилей, использованных для моделирования; б – трехмерная модель температур в интервале глубин 0-5 км; в – то же, в интервале 0-50 км

Рис.3 – 3D-плоты температур в Прикаспийской впадине

Из анализа рисунка 3б видно явное повышение температуры на глубинных срезах с северо-востока на юго-запад. Так, в восточной части впадины на границе с Мугоджарами, температуры на глубине 2 и 3 км составляют соответственно 40–45 и 60–65°C, а в районе Южной Эмбы и Мангышлака на тех же глубинах — 55–60 и 70–75°C. Это в первом приближении согласуется с выводом о снижении теплового потока в восточной части Прикаспийской впадины, причиной которого являются нестационарные процессы экранирования глубинного теплового потока, проявившиеся на Южном Урале и в Мугоджарах [4].

Другая трехмерная температурная модель была рассчитана для интервала глубин 0–50 км, включающего всю кору в Прикаспийской впадине (см. рис. 3в). Для ее построения использовали данные о структуре и пластовых скоростях сейсмических волн вдоль профилей в пределах впадины [5, 6].

Температуры в земной коре до глубины 50 км проявляют ту же тенденцию, что и в интервале бурения скважин, т.е. они плавно увеличиваются в юго-западном направлении. В восточной части впадины на границе М температура составляет 400 °С, т.е. такая же, как и под складчатыми сооружениями Южного Урала и Мугоджар [4], а в Центрально-Прикаспийской депрессии, и особенно в районе Южной Эмбы, на границе М достигается температура 450–500 °С.

От меридиана Мугоджар в западном направлении изотермы, поднимаясь, образуют несколько куполов, вершины которых приурочены к районам Южной Эмбы, сора Мертвый Култук и Северного Мангышлака, а также Астраханского и Бузулукского сводовых поднятий. Заметим, что отмечавшаяся нами ранее пространственная корреляция температурных куполов и зон промышленной нефтегазоносности проявляется и в данном случае, т.к. названные районы России и Республики Казахстан — это районы интенсивной добычи углеводородного сырья.

Припятский бассейн. Геотермическая характеристика прогиба основывается на многочисленных измерениях температуры в скважинах. Основная часть скважин располагается в северной зоне прогиба. В меньшей степени изучен юг рассматриваемой структуры. в большинстве из них выполнен расчет теплового потока [7, 8]. Авторы этих работ отмечают различие теплового потока в южной и северной частях прогиба: в южной прибортовой зоне он составляет в среднем 45–50 мВт/м<sup>2</sup>, а в северной — 60–75 мВт/м<sup>2</sup> и связывают его с процессами рефракции в условиях структурно-теплофизических неоднородностей. Основой для построения 3D-моделей явились данные о температурах в скважинах и теплопроводности горных пород разреза [7, 8].

Детальная изученность теплового потока и радиогенной его компоненты позволила задать на нижнюю границу области моделирования (глубина 6 км) редуцированный тепловой поток в соответствующих структурно-формационных зонах, а внутри области моделирования — распределение источников радиогенного тепла. На верхней границе, совпадающей с уровнем «нейтрального слоя», задавалась среднегодовая температура (8°C) по данным скважинных измерений.

На рисунке 4 показана 3D-температурная модель верхней части земной коры Припятского бассейна, а также расположение глубинных разломов и локализация нефтяных месторождений. Ясно выражена тенденция увеличения температур в северном направлении. Так, на глубине 4 км в южной части прогиба температура составляет 45–50°C, а в северной его части — 65–70°C. На глубине 6 км — 65–70°C и 85–90°C, соответственно. Экстраполируя температуру в глубину, можно показать, что катагенетические температурные условия для нефти ( $T = 140^\circ\text{C}$ ) в северной части прогиба будут встречены на глубине 8,5–9,0 км.



Рис. 4 – 3D-температурная модель земной коры Припятской впадины  
1 — простираение глубинных разломов; 2 — месторождения нефти

Таким образом, мы констатируем ту же тенденцию распределения температур в земной коре, которая была описана в Баренцевоморской и Прикаспийской впадинах: локализация нефтяных месторождений приурочена к «температурному куполу» — зоне подъема изотерм в осадочном чехле (см. рис. 4). «Температурный купол» генетически связан с расположением глубинных разломов, по которым происходит дополнительный тепломассоперенос [9]. Отсюда следует, что вероятной причиной формирования тепловых аномалий является поступление глубинных углеводородсодержащих флюидов по проницаемым разломам.

Северо-Германский бассейн. Северо-Германская впадина имеет сложную структуру, обусловленную пересечением на ее месте двух различных по направлению и времени проявления тектонических дислокаций (рейнской и герцинской), сопровождающихся значительными изменениями мощностей меловых, юрских и триасовых отложений и резким угловым несогласием в их залегании. Нефтегазоносность Северо-Германской впадины охватывает широкий стратиграфический интервал. Углеводороды обнаружены в палеогеновых, меловых, юрских, триасовых, пермских и каменноугольных отложениях.

Месторождения углеводородов пространственно тяготеют к зонам геотермических аномалий, т.е. проявляется та же тенденция, что и в ранее рассмотренных бассейнах. Однако следует учесть, что в целом тепловой поток на территории ЦЕНБ выше, чем в Припятском, Прикаспийском и Баренцевоморском бассейнах. По данным [10], фоновый тепловой поток здесь составляет 80–85 мВт/м<sup>2</sup>, в то время как в остальных бассейнах на этом уровне были аномальные значения.

Основой для построения 3D-геотемпературных моделей (рис. 5) явились данные о температурах в скважинах и теплопроводности пород разрезов, а также данные о структурно-геологической обстановке вдоль профилей ГСЗ. Катагенетический температурный интервал преобразования органического вещества в геотермических аномальных зонах находится на глубинах 3,0–4,5 км (табл. 1), что весьма благоприятно для концентрации здесь месторождений углеводородов. Мы не исключаем возможности нахождения углеводородов и в северо-восточной части ЦЕНБ, за пределами солянокупольной зоны, но здесь интервал катагенеза расположен уже на глубинах 6,0–6,5 км.

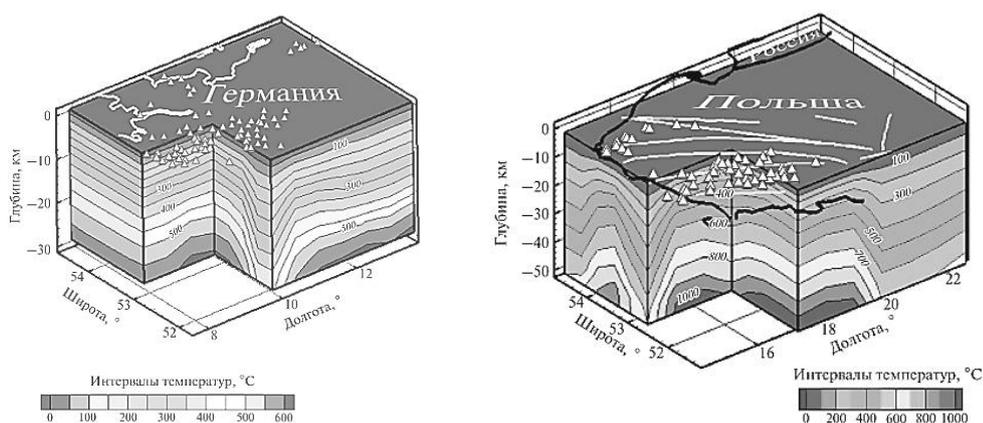


Рис. 5 – 3-D температурные модели западной (слева) и восточной (справа) частей Северо-Германской впадины  
 Треугольники – локализация месторождений углеводородов

Трехмерные модели глубинных температур для западной и восточной частей Северо-Германской впадины (рис. 5) демонстрируют наличие ярко выраженных «термических куполов», приуроченных к разломам и зоне соляных куполов, где наблюдается наибольшая концентрация нефтяных месторождений.

Таким образом, практическое значение термотомографической методики применительно к осадочным бассейнам заключается в нахождении температурных границ, контролирующей генерацию углеводородов — их катагенетическое преобразование. В результате, зная глубину и локализацию температурных условий катагенеза органического вещества в объемной геометрии, можно говорить о скоплении углеводородов при наличии соответствующих структур-ловушек.

Таблица 1 – Сравнение глубинных температур в Прикаспийском, Припятском и Северо-Германском бассейнах

Глубина, км	Температура (в °С) в бассейнах			
	Прикаспийском	Припятском	Северо-Германском	
			восточная часть	западная часть
0-5	$\frac{8 - 104}{42}$	$\frac{8 - 74}{37}$	$\frac{9 - 242}{87}$	$\frac{9 - 165}{86}$
5-10	$\frac{46 - 159}{105}$	-	$\frac{106 - 397}{215}$	$\frac{93 - 306}{214}$
	$\frac{95 - 274}{192}$	-	$\frac{194 - 612}{366}$	$\frac{168 - 477}{343}$

Примечание. В числителе – минимальное и максимальное значения температур, в знаменателе – среднее.

Построение 3D-геотермических моделей является дополнительным поисковым признаком при разведке углеводородов на акваториях и на суше. Кроме того,

появилось доказательство возможности ограничения района поисков месторождений зоной распространения термического купола, что дает значительную экономию средств при поисково-разведочных работах, особенно, на акваториях.

Применение предложенной методики прогнозирования нефтегазоносности на суше и на шельфовых акваториях имеет стратегическое значение для России, так как при существенной экономии капиталовложений может обеспечить рост сырьевого потенциала страны, экономическую стабильность и, в конечном итоге, устойчивое развитие общества.

*Исследования проведены в ходе выполнения госбюджетной темы № 0135-2019-0040, проекта РФФИ № 19-05-00014 и Программ Президиума РАН №№ 47 и 49.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хуторской М.Д., Подгорных Л.В., Грамберг И.С., Леонов Ю.Г. Термотомография Западно-Арктического бассейна // Геотектоника. 2003. №3. С. 79-96.
2. Хуторской М.Д., Вискунова К.Г., Подгорных Л.В., Супруненко О.И., Ахмедзянов В.Р. Геотемпературная модель земной коры Баренцева моря: исследования вдоль геотраверсов // Геотектоника, №2, 2008. С.36-54.
3. Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В. и др. Геотермия арктических морей. М.: ГЕОС. 2013. 258 с.
4. Хуторской М.Д. Геотермия Центрально-Азиатского складчатого пояса. М.: Изд-во РУДН, 1996. 328 с.
5. Невалин Н.В., Ковылин В.М., Масляев Г.А. и др., Геолого-геофизическое моделирование нефтегазоносных территорий. М.: Недра, 1993. 206 с.
6. Булин Н.К., Егоркин А.В. Региональный прогноз нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям. М.: ГЕОН, 2000. 194 с.
7. Пархомов М. Д. Тепловой режим Припятского прогиба // Сейсмические и геотермические исследования в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1985. С.124-130.
8. Цыбуля Л.А., Левашкевич В.Г. Тепловой поток в Припятском прогибе и причины его неоднородности // Геол. Журнал. 1990, №4. С.20-38.
9. Кудельский А.В., Бурак В.М. Газовый режим Припятского прогиба. Минск: Наука и техника. 1982. 328 с.
10. Majorowicz J.A., Ćermak V., Šafanda J. et al. Heat flow models across the Trans-European Suture Zone in the area of the POLONAISE\_97 seismic experiment // Physics and Chemistry of the Earth 28 (2003). P 375–391.

#### СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ БЕЛОГО МОРЯ И ПРИЛЕГЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

*Н.В. Шаров*

Институт геологии ФГБУН ФИЦ Карельский научный центр РАН, sharov@krc.karelia.ru

В данной работе представлены результаты изучения литосферы Беломорского региона, основанные на комплексном анализе материалов многолетних геолого-геофизических исследований, дополненных новейшими данными, что позволило выявить детали глубинного строения литосферы, уточнить ее состав и провести сопоставление этих неоднородностей с поверхностными структурами. Предложен опорный четырехслойный разрез земной коры, который может применяться для

построения трехмерных комплексных геофизических моделей изучаемой среды Беломорья.

### **Построение геолого-геофизических разрезов**

Для изучения глубинного строения земной коры региона привлечены результаты гравиметрических и магнитных съемок, представленные в виде карт масштаба 1:1 000 000, а также сейсмические материалы разных лет [1—5]. При построении геологической модели среды использовались результаты геофизических исследований (Рис. 1) вдоль геотраверсов 3-АР, 1-ЕВ, КВАРЦ, АГАТ и др., привлекались сводные геолого-геофизические карты и схемы [6].

При построении сейсмоплотностной модели консолидированной коры региона в качестве исходной информации выбрана ранее полученная четырехслойная скоростная модель земной коры [5; 7]. Эта модель имеет следующие характеристики: верхний этаж —  $V_p = 5,90—6,20$  км/с,  $\rho = 2,60—2,75$  г/см<sup>3</sup>; средний —  $V_p = 6,30—6,50$  км/с,  $\rho = 2,75—2,90$  г/см<sup>3</sup>; нижний —  $V_p = 6,60—6,80$  км/с,  $\rho = 2,90—3,00$  г/см<sup>3</sup>; четвертый высокоскоростной слой —  $V_p = 7,00—7,30$  км/с,  $\rho = 3,00—3,20$  г/см<sup>3</sup>; мантия —  $V_p = 8,00—8,20$  км/с,  $\rho = 3,40$  г/см<sup>3</sup>.

Сводная характеристика слоев модели среды приведена в Табл. 1, где наряду со значениями средних скоростей продольных волн в слоях показан диапазон глубинного положения геологических и сейсмических границ в коре изучаемого региона.

### **Глубинное строение земной коры региона**

К настоящему времени накоплен обширный сейсмический материал, освещающий глубинное строение сухопутной части Беломорья. Многосторонний опыт показал, что поверхность Мохоровичича (ПМ) представляет собой наиболее выдержанную сейсмическую границу, которая создает устойчивые отраженные, преломленные и обменные волны. Это обстоятельство дает возможность рассматривать данную поверхность в качестве опорного сейсмического репера и, следовательно, изображать ее на соответствующих картах системой специальных изогипс.

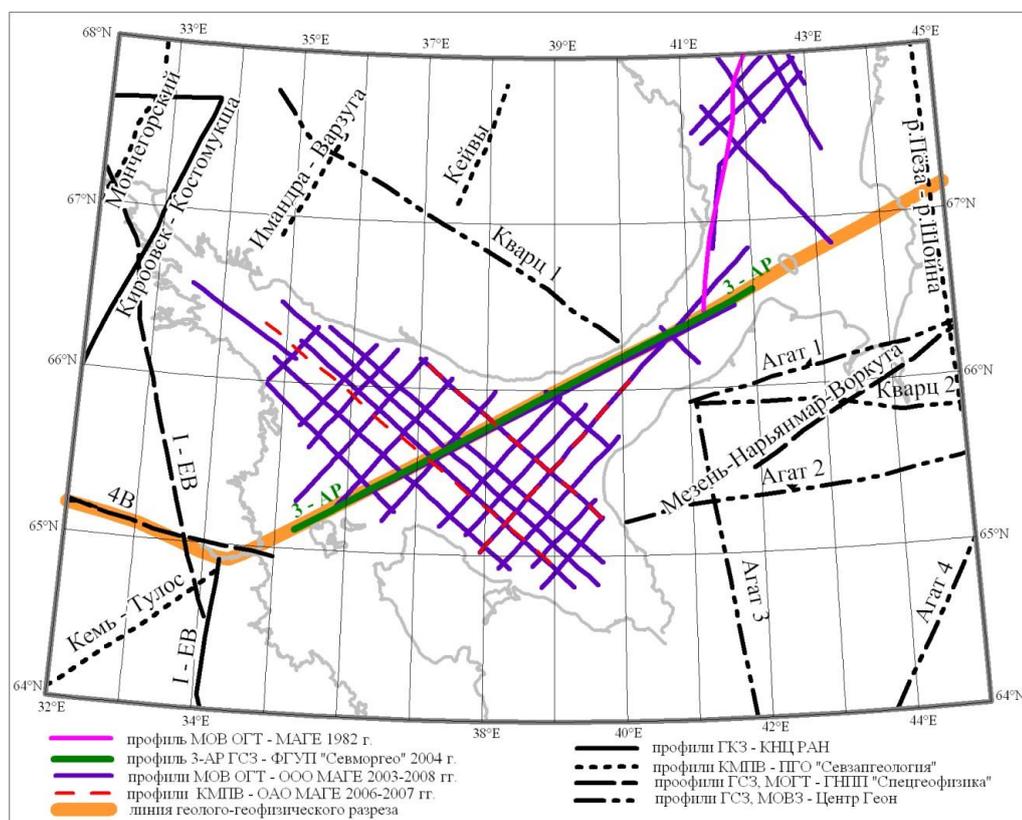


Рис. 1 — Схема расположения сейсмических профилей в акватории Белого моря и на прилегающих территориях

Таблица 1 — Усредненная скоростная модель земной коры региона

Слой коры	Средняя скорость, км/с	Диапазон глубин, км
Осадочный	4,55	0—10
Гранитно-метаморфический $K_1$	6,13	0—20
Гранулит-базитовый $K_2$	6,65	20—32
Переходный коромантийный $K_3$	7,21	30—44
Верхняя мантия	8,13	

Схема мощности земной коры по сейсмическим данным представлена на Рис. 2. Сечение изогипс рельефа принято равным 2 км. Мощность земной коры в регионе изменяется от 30 до 50 км и отражает основные структурно-тектонические закономерности строения. Данные глубинной сейсморазведки и две крупные положительные гравитационные аномалии свидетельствуют о том, что в северо-восточной части Мезенской синеклизы земная кора утонена. Здесь зафиксирована минимальная мощность коры — 30 км. Мощность земной коры на западе Кольского полуострова составляет 40—45 км, на востоке — 35—38 км, в Белом море она достигает 38—42 км.

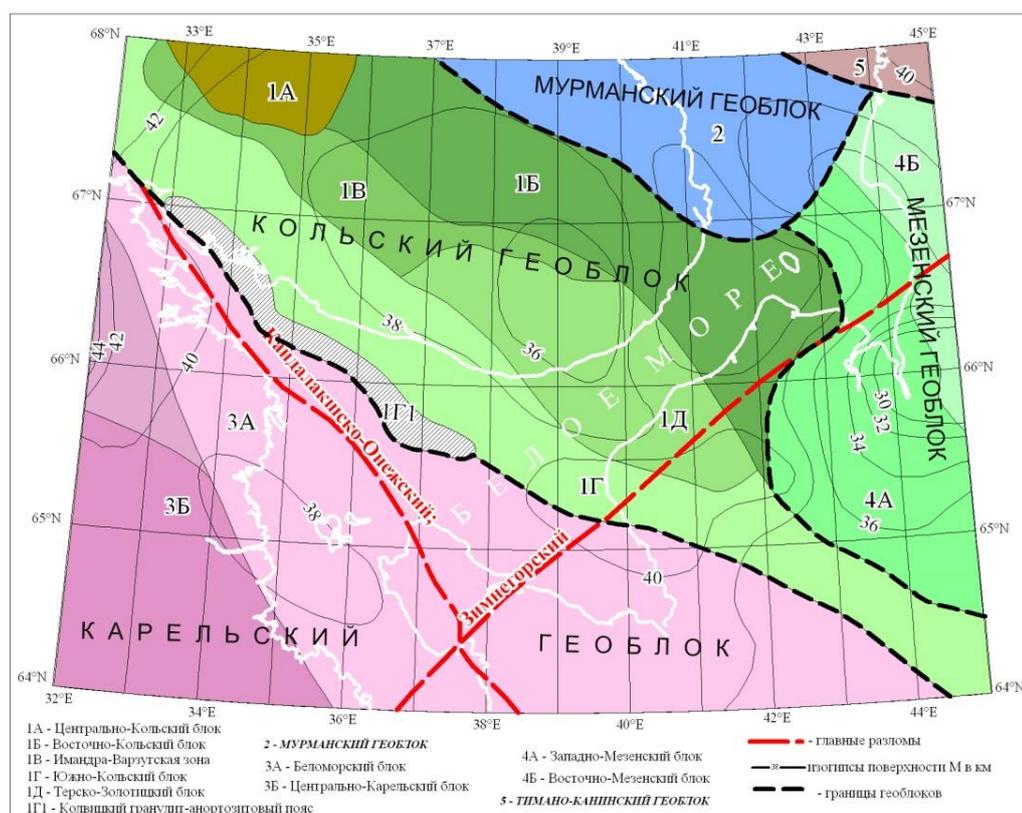


Рис. 2 — Схема глубинного строения земной коры региона

Подводя итог изложенному, следует подчеркнуть, что приведенная схема рельефа ПМ отражает ее строение лишь в самых общих чертах. Фактически данная поверхность может быть гораздо сложнее, так как в отдельных сечениях зоны ее поднятия и погружения имеют довольно большие амплитуды.

Проверка показала, что в области допустимых вариаций плотности общий характер поведения нижней границы меняется слабо. Взаимоположение внутрикоровых границ и поверхности М коррелировано и имеет широкую область эквивалентных решений. Для локальной составляющей, отражающей распределение плотностных неоднородностей в гранито-гнейсовом слое, существенные ограничения,

приводящие к устойчивости модели, накладываются при комплексном использовании геолого-геофизических данных.

На построенной глубинной модели (Рис. 2) выделяются тектонические области (геоблоки): Мурманская, Тимано-Канинская, Кольская, Мезенская и Карельская, а также ряд блоков. Мурманский геоблок на Кольском полуострове представляет северо-восточный край Фенноскандинавского щита. Тимано-Канинский геоблок представлен Канино-Северотиманским мегавалом, который входит в состав Тимано-Печерской плиты. Кольский, Мезенский и Карельский геоблоки представлены структурно-вещественными комплексами Мезенской синеклизы и относятся к Русской плите. Блоковое районирование по типам земной коры выполнено по геофизическим данным.

**Мурманский геоблок** на Кольском полуострове сложен гранито-гнейсами и гранитоидами с включениями супракрустальных пород и характеризуется как позднеархейский (2,7—2,8 млрд лет) кратон. Судя по геофизическим данным, его структуры слагают фундамент Понойского перикратонного прогиба, выделенного в Воронке Белого моря.

**Тимано-Канинский геоблок** расположен в северо-восточной части площади. Результаты сейсморазведки и моделирования свидетельствуют о том, что Тимано-Канинский геоблок имеет двухъярусное (складчатое и кристаллическое) строение верхней коры. Суммарная мощность верхней коры и осадочного чехла составляет 14—16 км. Мощность складчатых пород рифея оценивается в 8—9 км. Для подстилающего рифейские породы кристаллического фундамента характерны повышенные скорости продольных волн (6,15—6,35 км/с). Мощность земной коры здесь 38—40 км.

**Мезенский геоблок** расположен в пределах Мезенской синеклизы и рассматривается как перикратонная часть Восточно-Европейской платформы.

Мезенская синеклиза сформировалась над системой палеорифтов (рифейских авлакогенов), возникших за счет растяжения земной коры на континентальной окраине Восточно-Европейской платформы. Рифты представлены системой субпараллельных грабенообразных прогибов протяженностью в сотни километров. Грабены, как правило, асимметричны, сегментированы и выполнены образованиями рифея мощностью до 8—10 км. Сегменты разделены кулисообразными перемычками. Горсты, разделяющие грабены, прослеживаются в виде цепи разноуровневых поднятий.

Данные глубинной сейсморазведки и две крупные положительные гравитационные аномалии в Воронке Белого моря и устье реки Мезень — Мезенский и Конушенский гравитационные максимумы — свидетельствуют о том, что в северо-западной части Мезенской синеклизы земная кора утонена. Здесь сейсморазведкой зафиксирована наименьшая на Русской плите глубина залегания поверхности М — 27—30 км. Предполагается, что утонение коры связано с внедрением мантийных диапиров. На глубине 12—22 км выделяется зона пониженных (на 0,1—0,3 км/с) скоростей. При резком подъеме нижних границ коры появляются тела с высокой скоростью, которым соответствуют положительными аномалиями магнитного поля [4].

Мезенский геоблок состоит из двух блоков: Западно-Мезенского и Восточно-Мезенского, выделяемых по характерным аномалиям физических полей и мощности осадочного чехла.

Восточно-Мезенский блок, представляющий внешнюю часть перикратона, характеризуется большой мощностью (до 5—6 км) венд-фанерозойских осадков и высокими значениями граничной скорости продольных волн вдоль поверхности М (8,2—8,4 км/с).

Западно-Мезенский блок представляет внутреннюю часть перикратона, характеризующуюся маломощным (до 1 км) венд-палеозойским чехлом.

**Кольский геоблок** состоит из сложного ансамбля блоков с различным строением и геологической историей. На Фенноскандинавском щите он рассматривается как гранит-зеленокаменная (гранулит-зеленокаменная) область, претерпевшая структурно-

метаморфические преобразования в архее и раннем протерозое. Геоблок представлен юго-восточной частью Восточно-Кольского и Южно-Кольского блоков [5].

Юго-восточная часть Восточно-Кольского блока на Кольском полуострове сложена гранитами и гранитогнейсами нижней части архейской коры. Структуры этого блока по характерным аномалиям потенциальных полей прослеживаются через Горло Белого моря, на Зимнем берегу представлены Кулойским выступом и служат фундаментом северо-западного замыкания Лешуконского грабена.

Южно-Кольский блок прослеживается на протяжении нескольких сотен километров от юго-восточного побережья Кольского полуострова на акваторию Белого моря, Зимний берег и далее на юго-восток, где представляет структуру Керецко-Пинежского грабена, выполненного породами рифея мощностью около 7 км. Фундамент Южно-Кольского блока на Кольском полуострове и Зимнем берегу сложен мигматит-анатектит-гранитами и гранитогнейсами архея, частично переработанными в раннем протерозое. Данные петрогеохимических и изотопных исследований свидетельствуют о том, что Южно-Кольский блок, вероятно, подвержен тектоно-термальной переработке в палеопротерозое и относится к Беломорскому подвижному поясу.

Граница между Карельской и Кольской тектоническими областями проходит по крупной тектонической зоне (Рис. 2), которая прослежена на акватории Белого моря в результате морских геофизических исследований. Она отчетливо проявляется локальными положительными аномалиями на картах потенциальных полей. По мнению ряда авторов, раннепротерозойские эндрбит-чарнокитовый и метаморфические комплексы Умбинский и Порьей губы, выделенные на южном побережье Кольского полуострова, представляют юго-восточное продолжение крупного коллизийного шва (1,95—1,90 млрд лет) Лапландско-Кольского орогена, расположенного между Карельским и Кольским архейскими кратонами.

**Карельская тектоническая область** в пределах площади представлена Беломорским блоком. Кандалакшско-Онежским разломом блок разделен на две части. Данные сейсморазведки свидетельствуют о том, что с глубиной разлом выполаживается и, вероятно, уходит в нижнюю кору. Беломорский блок вместе с Южно-Кольским блоком многие авторы представляют в составе Беломорского подвижного пояса — позднеархейской коллизийной структуры, переработанной раннепротерозойскими процессами рифтогенеза и орогении. Среди архейских комплексов широко развиты зеленокаменные пояса, наиболее вероятный возраст которых оценивается в 2,7 млрд лет.

#### **Заключение**

Структура земной коры региона имеет сложное мозаично-неоднородное строение. Блоки ограничены зонами глубинных и других крупных разломов, пересекающих всю кору или отдельные ее слои и обуславливающие тем самым дискретность ее структуры в горизонтальном направлении. Ни одна из промежуточных границ в коре не прослеживается повсеместно, но это не значит, что региональной расслоенности не существует. Она проявляется в закономерном изменении физических свойств вещества с глубиной, в сохранении мощности отдельных скоростных этажей для одинаковых геоструктур.

В целом сравнительный анализ волновых полей по всем профилям региона позволяет выбрать некую общую (базовую) модель земной коры, которую можно использовать как исходную для выявления общих тенденций изменения физических параметров кристаллической коры по площади. Такая модель является определенной формой аппроксимации реальной скоростной структуры коры, она позволяет представлять разрезы для всех профилей в единой форме и проводить построение трехмерной скоростной модели.

В качестве такой опорной модели для кристаллической коры исследуемого региона была выбрана четырехслойная модель со скоростями продольных волн 5,9—6,2 км/с в верхнем слое (верхний этаж), 6,3—6,5 км/с в среднем и 6,6—6,8 км/с в нижнем, в переходном коромантийном. Слои разделены отражающими горизонтальными  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и отделены от верхней мантии границей  $M$  со скоростью 8,0—8,2 км/с. Граница  $K_2$  скорее всего обусловлена изменением реологических свойств пород на больших глубинах, и поэтому с ней не связано изменение плотности. Из опыта моделирования следует, что граница  $K_1$  чаще всего отражает изменение петрофизических свойств — увеличение основности пород разреза, что, как правило, отражается в увеличении плотности.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ № 19-05-00481 «Строение и динамика литосферы Беломорья».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Ред. Н. В. Шаров, Ф. П. Митрофанов, М. Л. Верба, К. Гиллен. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
2. Балувев А. С., Журавлев В. А., Пржиялговский Е. С. Новые данные о строении Центральной части палеорифтовой системы Белого моря // ДАН. 2009. Т. 427, № 3. С. 348—353.
3. Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Ред. Н. В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 353 с.
4. Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования // Материалы Международного научно-практического семинара 18—20 сентября 2007 г. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 245 с.
5. Шаров Н. В. Литосфера Северной Европы по сейсмическим данным. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2017. 173 с.
6. Журавлев В. А., Шипилов Э. В. Строение бассейнов Беломорской рифтовой системы // Океанология. 2008. Т. 48, № 1. С. 123—131.
7. Mitrofanov F. P., Sharov N. V., Zagorodny V. G. et al. Crustal Structure of the Baltic Shield Along the Pechenga-Kostomuksha-Lovisa Geotraverse // Intern. Geology Rev. 1998. Vol. 40, № 11. P. 990—997. DOI: 10.1080/00206819809465250.

# **ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АРКТИКЕ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ**



## ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ РЕГИОНА МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ОБУЧЕНИЯ

И.М. Алёшин<sup>1,2</sup>, И.В. Малыгин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, ima@ifz.ru

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск.

В настоящее время практически исчерпаны месторождения алмазов, непосредственно доступные с поверхности, работы по поиску кимберлитовых тел осуществляются на территориях, где традиционные геолого-геофизические исследования оказались неэффективными. Для площадей, перекрытых осадочными породами, а также в местах развития траппов, единственным прямым методом поиска кимберлитов является бурение по сети. Стоимость работ можно снизить, увеличив расстояние между скважинами. Чтобы избежать риск пропустить мелкие кимберлитовые трубки, используются методы межскважинного зондирования, в частности, радиоволновые (см., для обзора, [1]). Идея метода заключается в оценке затухания электромагнитной волны при её прохождении через межскважинное пространство. Источник и приёмник электромагнитного поля помещается в соседние скважины для измерения ослабления электрического поля. Породы, обладающие более низким сопротивлением, характеризуются более высоким поглощением радиоволн, поэтому пространственное распределение коэффициента поглощения при фиксированной частоте пропорционально распределению электропроводности среды.

На практике, при радиоволновой съёмке зачастую ограничиваются синхронным погружением источника и приёмника в соседние скважины. Это даёт возможность оценить среднее значение кажущегося коэффициента затухания среды между скважинами. Для построения трехмерного распределения коэффициента затухания был использован алгоритм  $k$  ближайших соседей или сокращенно  $kNN$ . Метод  $kNN$  относится к классу так называемых “ленивых” алгоритмов, которые не требуют длительного предварительного обучения.

Для иллюстрации мы используем данные АО “АЛРОСА” — результаты радиоволнового просвечивания, выполненного на одном из якутских участков. Мы ограничились построением трехмерной модели его электропроводящих свойств. Для анализа данных межскважинных измерений была выбрана самая простая модель распространения волны, определяемой формулой поля излучения электрического диполя в однородной изотропной среде.

Обозначим через  $Q = \{q_n\}$  набор значений кажущегося коэффициента затухания, измеренные в  $N$  точках. Координаты точек  $\{x_n, y_n, z_n\}$  соответствуют середине отрезка, соединяющего источник и приёмник. Здесь  $x$ ,  $y$  определяют положение точки в горизонтальной плоскости,  $z$  — глубина от уровня моря. В алгоритме  $kNN$  значение величины  $q$  в произвольной точке  $\{x, y, z\}$  определяется формулой взвешенной суммой в  $k$  ближайших точках. В качестве веса выбирается величина обратно пропорциональная расстоянию между точками. В качестве расстояния в нашем случае естественно выбрать евклидово расстояние между точками.

Распределение данных, полученных методом радиоволнового просвечивания, сильно анизотропно: шаг по глубине имеет величину 5 м при длине скважины порядка 500 м, а расстояние между ближайшими скважинами составляет, приблизительно, 200 м. Это приводит к тому, что при построении трехмерной модели мы не можем использовать классические методы геостатистики [2]. Чтобы решить проблему, переопределим исходную метрику, введя безразмерный масштабный множитель  $\lambda$

$$R = [(x_1 - x_2)^2 / \lambda^2 + (y_1 - y_2)^2 / \lambda^2 + (z_1 - z_2)^2]^{1/2}.$$

Можно ожидать, что подходящий выбор значения параметра позволит компенсировать анизотропию данных, однако критерий, позволяющий сделать этот выбор отсутствует. Поэтому масштабный множитель является ещё одним гиперпараметром задачи, наряду с числом соседей  $k$ .

Для определения гиперпараметров мы использовали метод перекрёстной проверки. Исходные данные разбиваются на  $M$  групп ( $M \sim 5$ ). Каждая из этих групп поочерёдно устраняется из процедуры “обучения”, и используется для проверки. Оценка качества решения производится по коэффициенту детерминации — доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая моделью. Полученное распределение имеет вид, типичный для задач многопараметрической оптимизации. Выбранные значения гиперпараметров  $k=10$  и  $\lambda=11$  соответствует, приблизительно, 80% корреляции модели и исходных данных (Рис.1).

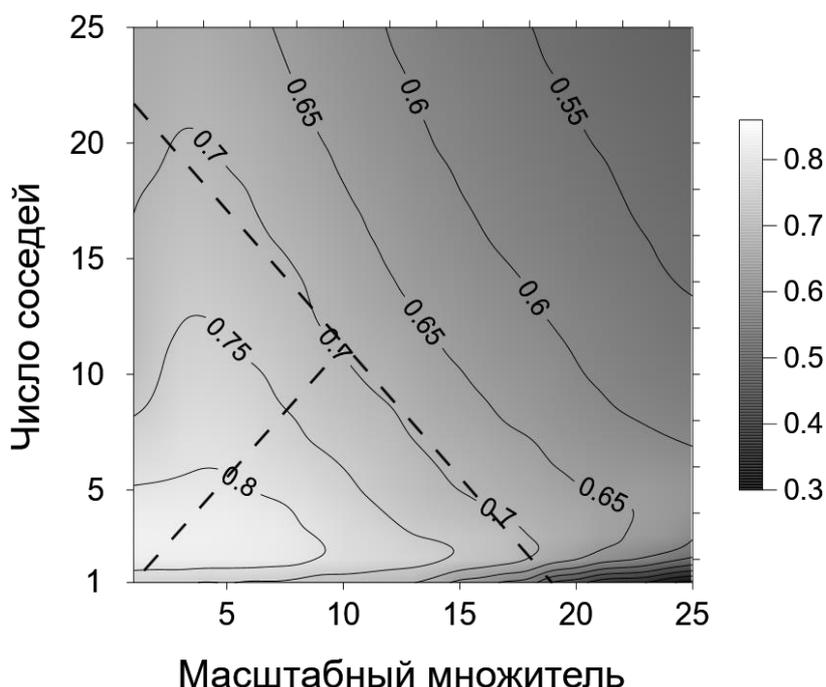
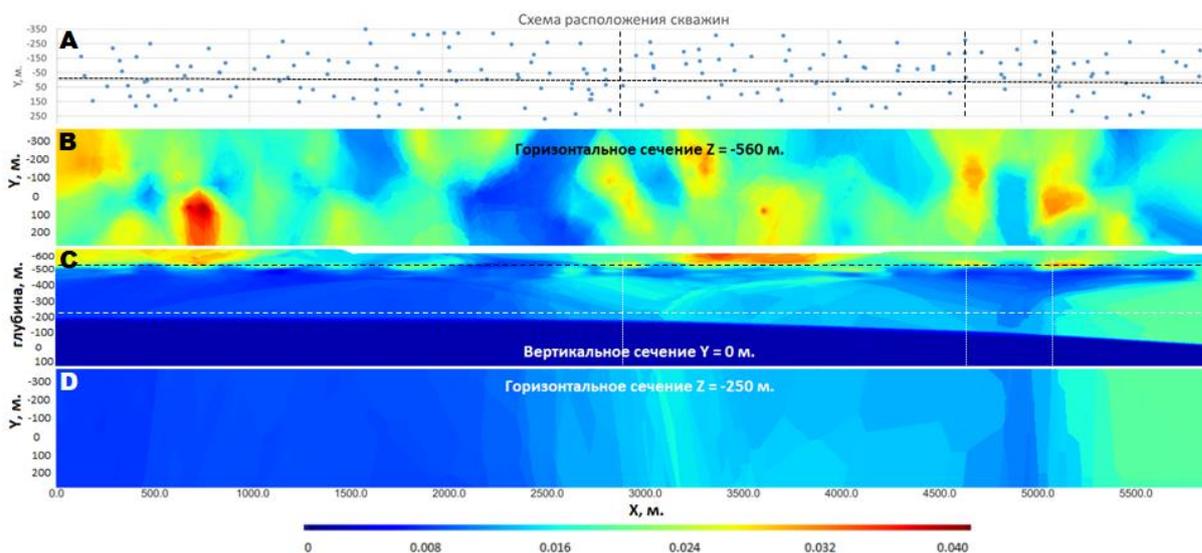


Рис. 1 – Значения коэффициента детерминации, рассчитанные на сетке параметров.

Выбраны значения, определяемые точкой пересечения медианы и гипотенузы треугольника, образованного осями координат и прямой приближающей изолинию 0.7

После того, как значения гиперпараметров определены, задача построения образа сводится к вычислению интересующей нас величины (в нашем случае — коэффициента затухания) в узлах трехмерной решётки. Построение модели, расчёт горизонтальных и вертикальных сечений реализовано на языке программирования *Python* (<https://www.python.org>) с использованием коллекции пакетов *Scikit-learn* (<https://scikit-learn.org>).

На Рис. 2 приведены одно вертикальное и два горизонтальных сечения модели. Из рисунка видно, что построенная модель позволяет локализовать объекты, чьи горизонтальные размеры существенно меньше расстояния между скважинами. В качестве примера можно привести области повышенных значений коэффициента затухания, расположенные на глубине -560 м, и горизонтальными координатами  $X=2950$ ,  $X=4750$  и  $X=5150$  метров.



Расположение вертикального разреза соответствует линии  $Y = 0$  на схеме расположения скважин (панель A). Горизонтальные сечения, построенные на панелях B, D соответствуют глубинам  $Z = -560$  и  $Z = -250$  метров (чёрная и белая пунктирные линии на вертикальном разрезе)

Рис. 2 – Горизонтальные (панели B, D) и вертикальное (панель C) сечения модели. Глубина отложена от уровня моря, положение горизонтальных осей согласована с геометрией участка.

*Исследования проведены в ходе выполнения НИР в рамках бюджетного финансирования Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН и ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексных исследований Арктики РАН» (тема АААА-А18-118012490072-7).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петровский А. Д. Радиоволновые методы в подземной геофизике. М: Недра, 1971.
2. Isaaks E. H., Srivastava R. M. Applied Geostatistics, Oxford University Press, 1989.

### **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТЬЮ**

*Н.Ю. Афонин*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, afoninnikita@inbox.ru

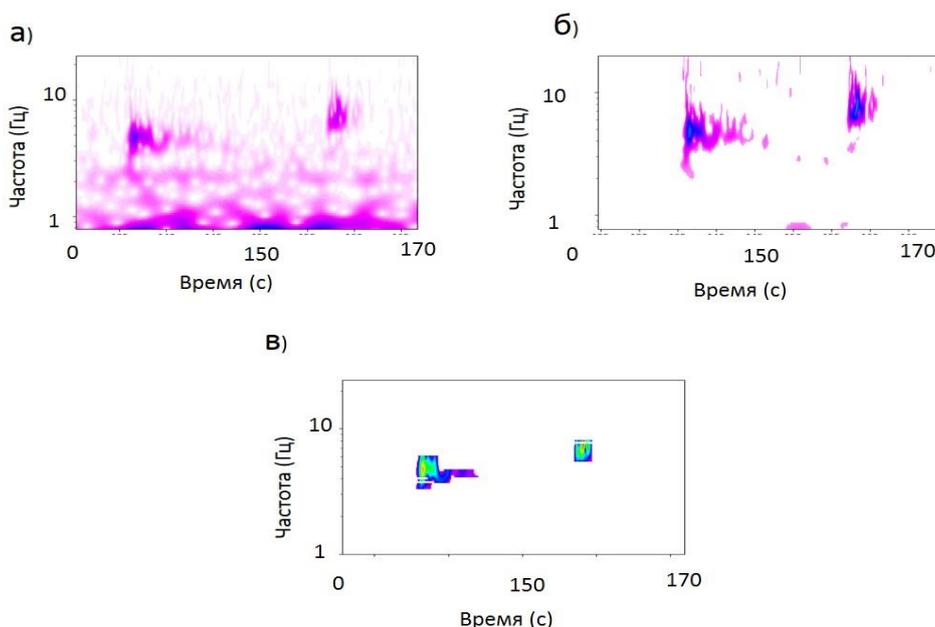
В последнее время, в связи с повышенным интересом к освоению Арктических территорий, возникает множество фундаментальных и прикладных задач, решение которых частично связано с расширением систем сейсмических наблюдений. К фундаментальным задачам относится, например, изучение ледниковой активности, особенностей проявления тектонических землетрясений на Арктических территориях и т.д. Одной из прикладных задач является сейсмический мониторинг объектов инфраструктуры с целью их безопасной эксплуатации. В обоих случаях решение задач связано с необходимостью анализа больших объемов данных, что требует значительных трудозатрат. Кроме того, при просмотре сейсмических записей, на

качество результатов оказывает влияние человеческий фактор, заключающийся в физической невозможности просматривать одновременно весь частотный диапазон одновременно, что является причиной неполного использования информации регистрируемой сейсмической станцией.

Для анализа больших объемов данных в различных областях наук используются искусственные нейронные сети. В данном случае под искусственной нейронной сетью понимается компьютерная программа, построенная по принципу организации сетей нервных клеток живых организмов. Данные программы широко применяются в задачах моделирования различных процессов и явлений, распознавания образов и т.д.

В сейсмологии искусственные нейронные сети используются для решения задач детектирования и идентификации сейсмических событий на записях. Например, в работе [1] описан детектор, который сочетает в себе алгоритм детектирования во временной области (STA/LTA) совместно с алгоритмом идентификации на основе искусственной нейронной сети. Для распознавания повторяющихся событий, например взрывов, используются сверточные нейронные сети [2]. Использование искусственных нейронных сетей позволяет частично решить проблему поиска и идентификации сейсмических событий различной природы [3] в том числе и на зашумленных записях [4].

Для решения задачи распознавания сейсмических событий на записях станций Архангельской сейсмической сети были частично использованы алгоритмы, описанные в работах [1, 2]. Данные алгоритмы были дополнены процедурами, которые используются в алгоритмах распознавания изображений объектов на фотографиях. В данном случае в качестве фотографии выступает спектрально-временная диаграмма сейсмической записи, а в качестве распознаваемого объекта, образ сейсмического события на данной диаграмме. На Рис. 1 в качестве примера представлен процесс формирования образа сейсмического события в процессе обучения нейросети. На первом этапе (Рис. 1, а) программа строит спектрально-временные диаграммы окна, содержащего запись события и окон, содержащих только шум. После статистического анализа шумовых окон программа удаляет шум с диаграммы, содержащей событие (Рис. 1, б), и формирует образ данного события (Рис. 1, в).



а) спектрально-временная диаграмма (СВАН); б) СВАН после процедуры удаления шума; в) образ сейсмического события

Рис. 1 – Пример формирования образа сейсмического события

На этапе детектирования и идентификации программа сравнивает образ из обучающей выборки с образом, сформированным из входного сигнала и при их достаточном совпадении, инициирует срабатывание детектора.

Представленный алгоритм был протестирован на записях станций «Амдерма» и «Земля Франца Иосифа» Архангельской сейсмической сети. В качестве обучающих выборок были использованы записи ледниковых событий и промышленных взрывов. Анализ полученных результатов показал, что по заданной обучающей выборке алгоритм способен распознать ледниковое событие или взрыв. Это подтверждается, например тем, что количество событий, которые программа отнесла к ледниковым, коррелирует с температурой атмосферного воздуха.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang O., Teng T. Artificial Neural Network-Based Seismic Detector/Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, No. 1, 1995, pp. 308-319.
2. Perol T., Gharbi M., Denolle M. Convolutional neural network for earthquake detection and location/Sci. Adv. 4, e1700578, 2018.
3. Scarpetta S., Giudicepietro F., Ezin E.C., Petrosino S., Del Pezzo E., Martini M., Marinaro M. Automatic classification of seismic signals at Mt. Vesuvius Volcano, Italy, using neural networks/Bull. Seismol. Soc. Am., **95**, 2005, pp. 185-196.
4. Kislov K.V., Gravurov V.V. Using of artificial neural networks for classification of noisy seismic signals/Seismic instruments, **52**, 2017, pp. 46-64.

### ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ ПО НОВЕЙШИМ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИМ ДАННЫМ

*И.М. Басакина, Г.Н Антоновская, Н.К. Капустян*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск, [ibasakina@yandex.ru](mailto:ibasakina@yandex.ru)

Приоритет развития топливно-энергетического комплекса России направлен на освоение континентального арктического шельфа, где сосредоточено более 1/3 неразведанных запасов УВ страны. Основным районом разведки УВ месторождений в настоящее время является Баренцево-Карский шельф. Этапы формирования и развития обширных осадочных бассейнов этого региона свидетельствуют о разномасштабных и разнонаправленных тектонических и геодинамических процессах [1, 2].

Многофакторность формирования углеводородных месторождений трудно привязать к ключевым геодинамическим процессам. Геофизические поля: сейсмические, гравитационные, геотермические устанавливают структурно-плотностную гетерогенность фундамента и осадочного чехла, показывают характер сочленения разнородных блоков коры, маркируют шовные зоны фундамента [3]. Прогнозные критерии поиска углеводородного сырья основываются на стадийности формирования, пространственном распределении, различии свойств и возрастов геологических структур. Критерии поиска углеводородного сырья прорабатывались такими специалистами, как Хаин В.Е., Сорохтин О.Г., Аглонов С.В., Шеин В.А., Шипилов Э.В., Артющков Е.В., Тимонин Н.И., Верба М.Л. и многие другие.

Геодинамическая обстановка нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей нами рассматривается через анализ сейсмичности, особенно в зонах глубинных надвигов, субдукций, в рифтовых зонах, через обобщение сведений о структурно-тектонических особенностях, тепловом потоке. Сейсмический критерий: активность землетрясений, пассивные сейсмические области, единичные проявления сейсмичности в совокупности со структурно-тектоническими особенностями сопоставляется с другими критериями, по результатам определяются ареалы возможного залегания углеводородных месторождений.

Залегания УВ и сейсмичность в зонах развития глубинных надвигов.

Формирование месторождений УВ из рассеянного органического вещества рассматривается многими через флюидные потоки. Именно в зонах развития глубинных надвигов, зон субдукций, сопряженных с осадочными бассейнами, особенно в периоды их быстрого погружения, происходит поступление энергии для активизации процессов нефтегенеза в нефтематеринских толщах и выноса образующихся УВ восходящим потоком флюидов [1, 4, 5].

На первоначальном этапе Баренцево-Карский бассейн начал формироваться как континентальный рифт, а затем, испытав кратковременный спрединг, заполнился осадками [6]. В интервале 620-580 млн. лет назад произошло сочленение отдельных блоков территории Печоро-Баренцевоморского региона: зонами которых являются Центральнo- и Восточно-Баренцевские погребенные швы (Ц-К), протягивающиеся в фундамент Тимано-Печорской провинции (Рис. 1). В кембрии (540-530 млн. лет назад) Баренция столкнулась с северо-восточной окраиной Восточно-Европейской платформы и сочленилась к ней по линии Кольско-Канино-Тиманского погребенного шва [7]. Баренция надвинута на Восточно-Европейскую платформу вдоль побережья Кольского полуострова. Коллизия вдоль Тиманского шва имела воздымание и размыв. Из зоны субдукции и глубинных надвигов углеводороды рассеиваются и перетекают по осадочному чехлу (Рис. 1), стрелками показаны вектора максимального проявления структурообразующих процессов. Процессы каледонской и герцинской фаз тектогенеза привели к формированию уникальных месторождений.

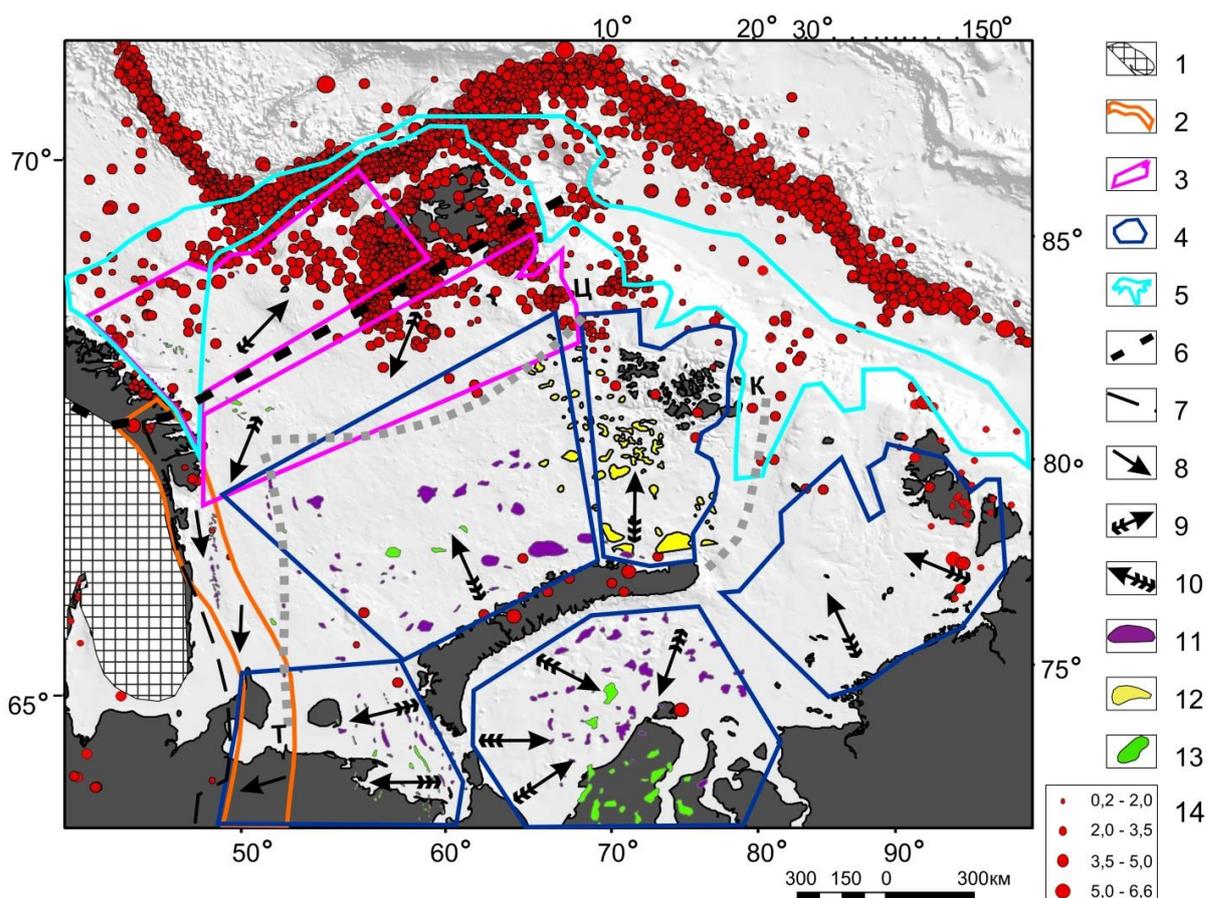
Современная сейсмичность зафиксирована эпицентром события (Lat.66,13; Lon.46,87; 07.10.2012; M=2) к краевому шву Тимано-Варангерской системы и два сейсмических события попадают в зону миграции УВ (R-V возраста) вдоль этой зоны (Lat.70,118; Lon.36,556; 02.11.2000; M=1,06), (Lat.70,168; Lon.34,252; 05.11.2002; M=1,64).

Ярко по сейсмичности выделяется западное обрамление Новой Земли, предположительно, в прошлом зона субдукции. В пределах Новоземельского орогена зафиксировано восемь сейсмических событий, эпицентры шести событий попадают на взбросо-надвиговую зону, значения магнитуд от 2,5 до 4,49. Основные тектонические элементы Карской плиты ориентированы в соответствии с простираем коллизионных поясов и крупнейших сдвигово-надвиговых зон ее южного дугообразного ограничения. На границе между Северо-Баренцевской впадиной, Новой Землей и структурами Баренцевской плиты выделена погребенная шовная зона (К) (Рис. 1), в области палеотрансформного разлома. В зоне погребенного шва зарегистрированы пять сейсмических событий (Lat.79,99; Lon.71,09; 17.03.2018; M=3,4), (Lat.81,16; Lon.66,94; 26.03.2014; M=2,7), (Lat.80,11; Lon.72,71; 23.01.2012; M=2,7), (Lat.81,16; Lon.70,83; 29.11.16; M=3,1), (Lat.79,64; Lon.80,33; 07.04.13; M=2,1). Она является зоной формирования биогенного и газогидратного УВ кайнозойского возраста [8].

В Южно-Карской впадине, предположительно, существовал задуговой бассейн. В центральной части впадины присутствовал центр спрединга, а в районе Северо-Сибирского порога существовала зона субдукции. Современная сейсмичность

зафиксирована одиночным событием (Lat 73,424; Lon71,851) от 24.05.2011 г.  $M=4.09$ . Согласно, [8], была миграция УВ (возраст  $P_3-T_3$ ), что предполагает ее высокую перспективность (Рис. 1).

Вдоль западного побережья о. Шпицберген протягивается Третичный складчато-надвиговой пояс, сформированный в кайнозое при транспрессивном контакте Гренландской и Баренцево-морской окраин. На современном этапе в районе арх. Шпицберген фиксируется большое количество сейсмичности (Рис. 1), вулканизм, поднятия и опускания берегов фьордов. Район потенциально нефтегазоносный, предположительно возраста  $O_3 - D_1$ , относится к норвежской территории.



1 – фундамент Балтийского щита (AR); 2 – потенциально нефтегазоносные площади R-V; 3 – потенциально нефтегазоносные площади,  $O_3 - D_1$  (505-362 млн лет); 4 – потенциально нефтегазоносные площади  $P_3-T_3$  (290-241 млн лет); 5 – зона формирования биогенного и газогидратного УВ в кайнозое (55-60 млн лет); 6 – линия ограничения складчатых образований каледонид Североатлантического пояса на шельфе Баренцева моря; 7 – краевой шов Тимано-Варангерской системы окраинно-континентального типа; 8 – направление миграции углеводородов, сформированных в R-V; 9 – направление миграции углеводородов, сформированных в  $O_3-D_1$ ; 10 – направление миграции УВ в  $P_3-T_3$ ; 11 – выявленные структуры углеводородов; 12 – потенциальные нефтегазоносные структуры; 13 – выявленные месторождения УВ; 14 – сейсмические события и их магнитуда; Т – Тиманский шов (V-€), Ц – Центрально-Баренцевский шов (D), К – Карский шов (D-C)

Рис. 1 – Схема распределения сейсмичности и осадочных комплексов Баренцева-Карского шельфа, согласно [8]

Около 56 млн. лет назад началось раскрытие Евразийского бассейна, что явилось началом нового этапа геодинамического режима в Арктическом регионе. Поднятие на

поверхность краевых частей континентального шельфа привело к разрушению флюидоупоров нефтегазоносных месторождений (Т-Ж) и их дегазации [8]. Спрединговый процесс по сей день активизирует формирование биогенного и газогидратного УВ, большие объемы которого ожидаются на стыке океанической и континентальной коры, у кромки Баренцево-Карского шельфа, где также наблюдается активизация сейсмичности.

Таким образом, анализируя и сопоставляя сейсмичность и зоны развития глубинных надвигов, зоны субдукции, предполагаем, что сейсмичность в этих зонах является критерием наличия биогенного и газогидратного УВ.

Залегания УВ и сейсмичность в зонах рифтовых областей.

Максимальное скопление залежей нефти и газа ожидается - над погребенными рифтовыми зонами. В зонах рифтов выделяются надрифтовые прогибы, депрессии, инверсионные межрифтовые и внутририфтовые валы, прогибы, антиклинали (Рис.2) [9, 10]. Рифтовые области могут быть как зонами гармоничного, так и деструктивного развития УВ [11].

При гармоничном развитии (с образованием нефтематеринских пород и изолирующих горизонтов) бассейны не имеют столь четкой структурной приуроченности [7]. При фазе диастрофизма (столкновение и объединение микроконтинентов) наблюдается тенденция: узкие континентальные рифты, сложенные в основном дисгармоничными отложениями, примыкают к структурам складчатых областей [6]. Северо-Карская синеклиза представляет собой закономерное сочетание прогибов (впадин) и поднятий, в северной части Карского шельфа на байкальском основании. В прогибах мощность осадочного заполнения достигает до 10 км. В пределах северной части Баренцево-Карского шельфа выделяют три основные региональные потенциально нефтематеринские толщи ( $D_{1-2}$ ,  $T_{1-2}$ ,  $J_{2-3}$ ).

На (Рис. 2) сопоставлена сейсмичность с системой разнонаправленных структурообразующих разрывных нарушений на схеме элементов нефтегазоносных провинций и объектов УВ Баренцево-Карского региона. Рифейские разломы северо-западного простирания являются структурообразующими Пайхой-Новоземельского кряжа, Тимано-Канинской гряды, Кольской моноклизы, структур Балтийского щита, Печорской синеклизы, авлакогенов: Тимано-Канинского, Печоро-Колвинского, Варандей-Адзвинского, а также Пайхой-Новоземельского желоба. По ним шло образование инверсионных структур мегавалов, прогибов (Рис. 2). Так, по Рогачевскому сбросу и Колодинскому взбросу образованы Южно -Новоземельский антиклинарий, Баренцевский и Карский синклиории. Южно-Баренцевская структурообразующая система разломов имеет северо-восточное простирание. Формирование осадочного покрова в Южно-Баренцевоморской впадине началось с ( $NP_3-S$ ) и достигает мощности от 16 км и более. Отметим на границе внутририфтового вала с сейсмотектоническим грабен-провалом единичное локальное событие  $M=3.5-5$ , с унаследованным повышенным тепловым потоком в среднем  $70 \text{ мВт/м}^2$  (Рис. 2). Большинство известных объектов УВ тяготеют к разломам, особенно это характерно для Северо-Баренцевской впадины.

Таким образом, сейсмическая пассивность в зонах рифтовых областей, является фактором отсутствия полей напряжений, что способствует сохранению и накоплению мигрированных УВ в основных потенциально нефтематеринских толщах Баренцево-Карского шельфа.

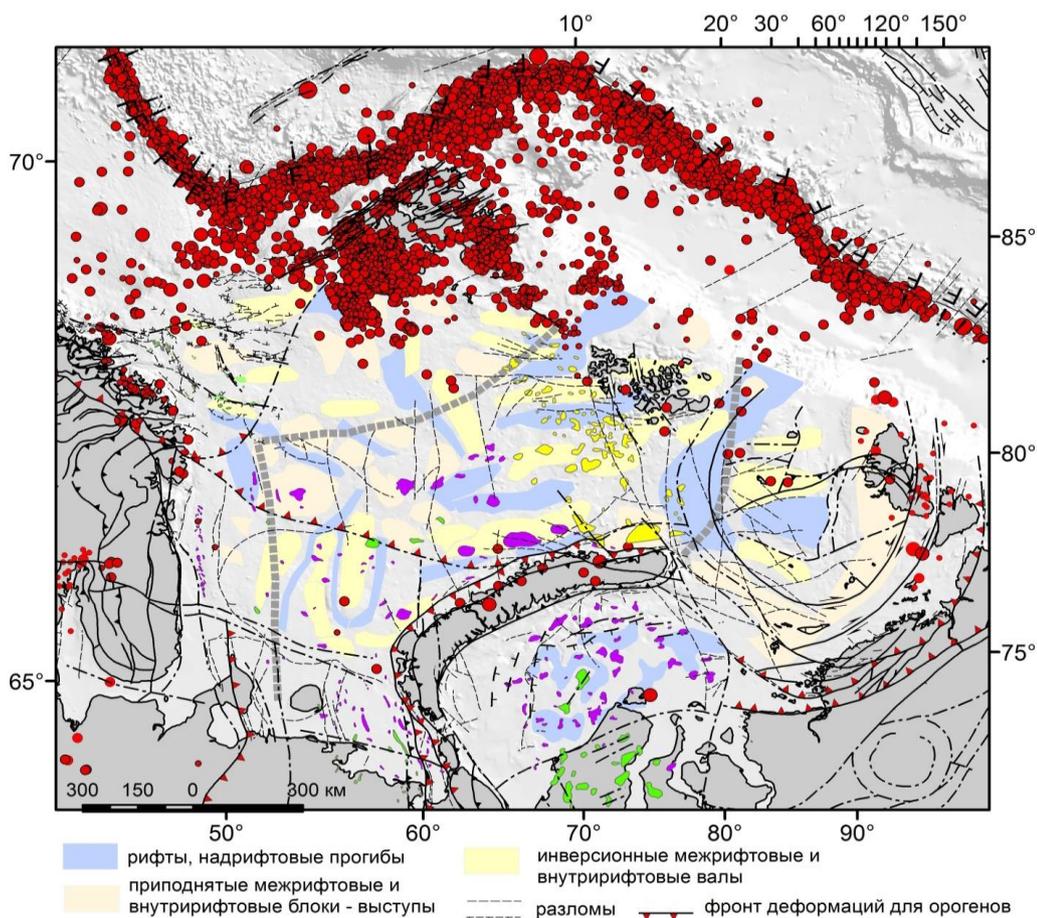


Рис. 2 – Схема структурно-тектонических элементов и объектов УВ Баренцево-Карского региона (часть условных обозначений см. на Рис. 1)

Согласно [12], существует генетическая и пространственная связь аномалий теплового поля и локализации месторождений. Показатель сейсмичности и повышенные геотермические параметры, принимая во внимание структурную гетерогенность осадочного чехла и шовные зоны фундамента, указывают на наличие корреляции с локализацией известных объектов УВ.

Таким образом, геодинамическая обстановка нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей рассматривается через оценку сейсмического режима, особенно в зонах глубинных надвигов, субдукций, рифтовых зон, через обобщение сведений о структурно-тектонических особенностях, тепловом потоке. На этом анализе сформированы зоны, потенциально соотнесенные с сейсмическим критерием перспективности УВ.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-05-70018 Ресурсы Арктики «Геодинамическая обстановка нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей по новейшим сеймотектоническим данным» (2018–2020 гг.) и темы НИР «Развитие сейсмических методов для прогнозирования и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф в Западном арктическом секторе Российской Федерации, АААА-А18-118012490072-7».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшков Е.В. Механизм образования сверхглубоких осадочных бассейнов. Растяжение литосферы или эклогитизация // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 12. С.1675–1686.

2. Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Соколов С.Д., Шипилов Э.В. Геодинамическая модель тектонического развития Арктики в мезозое и кайнозое и проблема внешней границы континентального шельфа России // Геотектоника. 2013. № 1. С.1–32.
3. Тимонин Н.И. Строение литосферы и нефтегазоносность Баренцево-Карского региона // ЛИТОСФЕРА, 2009, № 2, С.41–55
4. Зыкин Н.Н. Генезис пластовых вод нефтяных месторождений по данным их изотопного состава // В. Сб.: Фундаментальные проблемы нефтегазовой гидрогеологии. М.: ГЕОС, 2005, С.95-98.
5. Родкин М.В., Рундквист Д.В. Геофлюидогеодинамика. Приложение к сейсмологии, тектонике, процессам рудо - и нефтегенеза: Монография // М.В. Родкин, Д.В. Рундквист – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2017. -288 с.
6. Аплонов С.В. Продвигающиеся рифты // Природа, 1992, №11, С.9-14.
7. Шеин В.А. Палеорифтовые системы западной Арктики и перспективы их нефтегазоносности // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - М.: ОАО «ВНИИОНГ», 2011. № 6. С.31-44.
8. Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Куликов Н.В., Глазнев В.Н., Чикирев И.В. Нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа России и прогнозные критерии поиска углеводородного сырья в прибрежной зоне Кольского региона // Вестник Кольского научного центра РАН, 2010, С.67-83
9. Аплонов С.В. Геодинамика глубоких осадочных бассейнов // СПб:ЦГИ ТЕТИС. 2000. 214 с.
10. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. // М.: Недра, 1990-Кн.2. – 334 с.
11. Шипилов Э.В., Тарасов Г.А. Региональная геология нефтегазоносных осадочных бассейнов Западно-Арктического шельфа России // Апатиты: Изд-во Кол. НЦ РАН. 1998. 306с.
12. Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В. и др. // Геотермия арктических морей. М.: ГЕОС, 2013. 232 с.

## **ГЕОДИНАМИКА ХРЕБТА ГАККЕЛЯ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

*Т.Я. Беленович, Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, kutinov@fciactic.ru

Подавляющее большинство публикаций по проблемам сейсмичности и сеймотектоники Арктического сегмента посвящено отдельным регионам, в первую очередь Срединно-Арктическому поясу землетрясений (Срединно-Арктическому хребту).

Открытие в последнее время ряда новых станций в Арктике позволило практически полностью охватить западную часть Срединно-Арктического хребта (САХ) и регистрировать в отдельных регионах слабые сейсмические события магнитудой от 2.0 и более. Особый вклад вносит пункт сейсмических наблюдений, установленный на арх. Земля Франца-Иосифа, позволяющий, в частности, более детально заниматься сейсмичностью хребта Гаккеля и арктического шельфа. Например, ежемесячно станциями Архангельской сети в Евро-Арктическом регионе

регистрируется от 100 до 170 региональных и локальных сейсмических событий различной природы, в том числе землетрясения, промышленные взрывы, техногенные катастрофы и прочее [1].

Мониторинг сейсмичности в России осуществляет ЕГС РАН, которая располагает всего 50 цифровыми сейсмостанциями севернее параллели  $55^{\circ}$  с. ш. Столь редкая сеть позволяет регистрировать на шельфе АЗРФ и в Северном Ледовитом океане только относительно сильные землетрясения магнитудой выше 4.5, приуроченные к Срединно-Арктическому поясу повышенной сейсмической активности [2].

О неполноте наших данных по сейсмичности Евразийского суббассейна и его обрамления свидетельствуют результаты сейсмологических наблюдений НИИГА - НПО «Севморгео» [3, 4], показавшие существование ранее неизвестных зон повышенной сейсмичности, в частности, в районе Новосибирских островов.

В целом, следует отметить, что существующие сейсмические сети позволяют проводить корректную локацию сейсмических событий только для западной части хр. Гаккеля.

Хребет Гаккеля формирует границу между Евро-Азиатской и Северо-Американской литосферными плитами. Он простирается примерно на 1800 км от  $83^{\circ}$  с.ш.  $6^{\circ}$  з.д. до  $125^{\circ}$  в.д. Скорость спрединга минимальная из всех срединно-океанических хребтов, ее значения варьируют от 1,4–1,5 см/год до 0,6 см/год. Спрединг на протяжении большей части хребта ортогонален, среднее простирание оси составляет  $30^{\circ}$ – $50^{\circ}$ , среднее направление растяжения –  $120^{\circ}$ – $140^{\circ}$ . По мнению ряда авторов, вдоль всего своего протяжения хребет Гаккеля не нарушен трансформными разломами, амплитуда крупнейших нетрансформных смещений не превышает 15 км [5, 6 и др.].

Тем не менее, многочисленные данные различных авторов подтверждают, что, во всяком случае, западная часть хребта Гаккеля имеет блоковое строение.

На основе анализа сейсмичности, фокальных механизмов очагов землетрясений, направления векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений, нами был рассмотрен современный геодинамический режим земной коры хребта Гаккеля, являющегося частью Срединно-Арктического хребта. Среди исследователей Арктики, относительно хребта Гаккеля и его современного геодинамического режима, существуют различные мнения. Одни исследователи утверждают, что хребет на значительном своем протяжении имеет отчетливо выраженную рифтовую долину, в отдельных местах которой глубина достигает 5 км, что на 1-2 км ниже обрамляющих ее гребней [4]. Из чего следует, что хребет представляет единую структуру с близгоризонтальным растяжением и близвертикальным сжатием. Другие исследователи, в том числе и авторы данного исследования, придерживаются точки зрения о сложном блоковом строении хребта.

Для исследования современного геодинамического режима нами применялся комплекс экспериментальных и расчетных методов тензорного анализа и тектоники трещиноватости сред, а также авторская разработка [7] по расчету векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений. Наиболее полные данные о сейсмичности и фокальных механизмах очагов землетрясений хр. Гаккеля представлены в работе Г. П. Аветисова [4]. В своем исследовании мы, частично, использовали его результаты. На рисунке 1 представлена схема ориентации осей главных напряжений сжатия и распределение очагов землетрясений и фокальных механизмов.

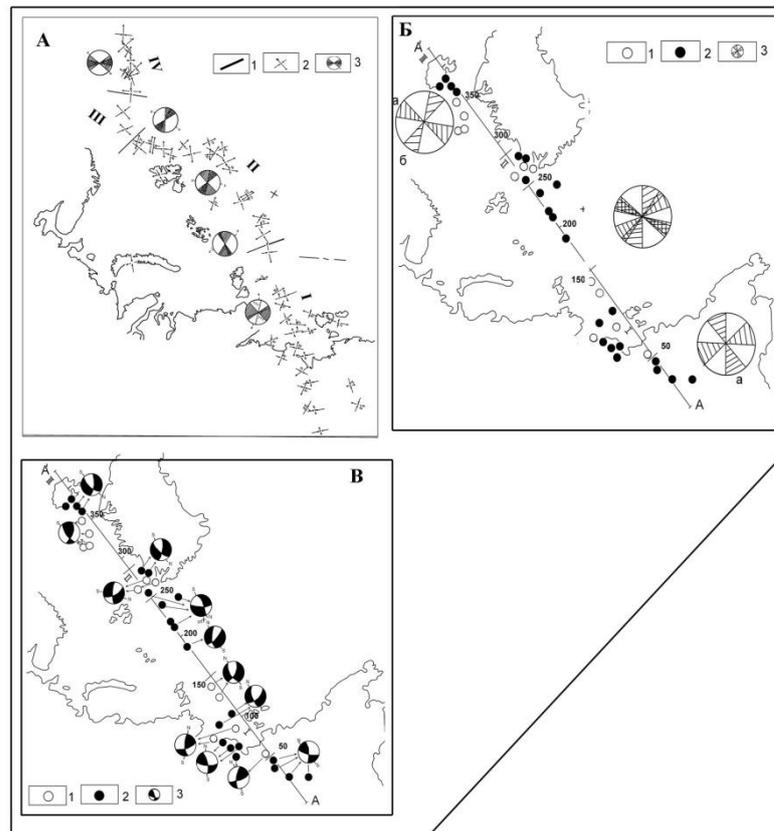


Рис. 1 – Схема ориентации осей главных напряжений сжатия и распределения очагов землетрясений и фокальных механизмов вдоль простирания хр. Гаккеля [8]

А - Схема ориентации осей главных нормальных напряжений сжатия в очагах землетрясений ( $M \geq 5.0$ ): 1 – участки с разным простирание осей сжатия (I – ориентация осей сжатия вкрест простирания хребта: II – вдоль хребта: III – простирание в пределах хр. Мона; IV- Исландский хребет); 2- ориентация осей сжатия и растяжения в проекции на горизонтальную плоскость (длинная стрелка указывает угол наклона осей к горизонту); 3 - верхняя полусфера сетки Вульфа с указанием азимута простирания только осей сжатия. Штриховка показывает разброс в простирании осей

Б - Сводная схема сопоставления ориентации осей главных напряжений сжатия по данным Г.П. Аветисова [4] и Мирового банка данных [9]: 1 – эпицентры землетрясений с  $M \geq 5.0$ ,  $h = 0-10$  км; 2 - эпицентры землетрясений с  $M \geq 5.0$ ,  $h = 10-20$  км; 3 – ориентация осей сжатия в проекции на верхнюю полусферу сетки Вульфа с указанием разброса в их простирании.

В - Схема распределения очагов землетрясений и фокальных механизмов вдоль профиля А-А' (вдоль простирания хр. Гаккеля): 1 - эпицентры землетрясений с  $M \geq 4.0$ ,  $h = 0-10$  км; 2 - эпицентры землетрясений с  $M \geq 5.0$ ,  $h = 10-20$  км; 3 – фокальные механизмы очагов землетрясений (залитые – области в волн сжатия)

Оси главных нормальных напряжений сжатия в очагах землетрясений вдоль Срединно-Арктического хребта ориентированы как вдоль, так и вкрест простирания (участки I-IV) последнего. Четко выделяются Верхоянский хребет (I), хребет Гаккеля (II), хребет Мона (III) и Исландский хребет (IV) (Рис. 1, А). При детальном рассмотрении можно заметить, что в пределах хр. Гаккеля в отдельных очагах землетрясений оси главных нормальных напряжений переориентируются с близгоризонтального направления на близвертикальное. Последнее говорит о том, что в отдельных участках наблюдается смена напряженно-деформируемого состояния земной коры. В основном же, по данным Г.П. Аветисова [4], оси сжатия ориентированы вдоль простирания хребта.

На Рис. 1, Б представлена сводная схема сопоставления данных сейсмичности и ориентации осей сжатия в очагах землетрясений с  $M \geq 5.0$ , с глубиной их залегания ( $h = 0-10$  км и  $10-20$  км) вдоль профиля А-А". Глубже 20 км за весь период наблюдений отмечено только 3 землетрясения [8]. Как видно из схемы, данные по всем выделенным участкам (I, II, III) существенно различаются. Авторы отдавали предпочтение новым данным по фокальным механизмам очагов землетрясений, при определении которых была использована Мировая сеть сейсмических станций [9].

Вдоль профиля А-А' с юго-запада на северо-восток, меняется глубина очагов землетрясений, тип подвижек и ориентация (простираание обеих плоскостей разрыва как вдоль, так и вкрест простираанию) на всем протяжении Срединно-Арктического хребта (Рис. 1, Б). Подробно исходные данные рассмотрены в более ранней работе авторов [8]. На Рис. 2 показаны характеристики фокальных механизмов очагов землетрясений вдоль хребта Гаккеля.

Из схемы (Рис. 2, А) отчетливо видно, что на расстоянии от 0 до 100 км тип подвижек в очагах землетрясений с глубиной не меняется, т.е. в слое земной коры мощностью 0 ~ 20 км преобладают подвижки взбросового, взбросо-сдвигового типа, но наблюдается поворот обеих плоскостей разрыва почти на  $90^0$ , причем одна из них простирается вдоль хребта (участок сочленения Верхоянского хребта с хр. Гаккеля).

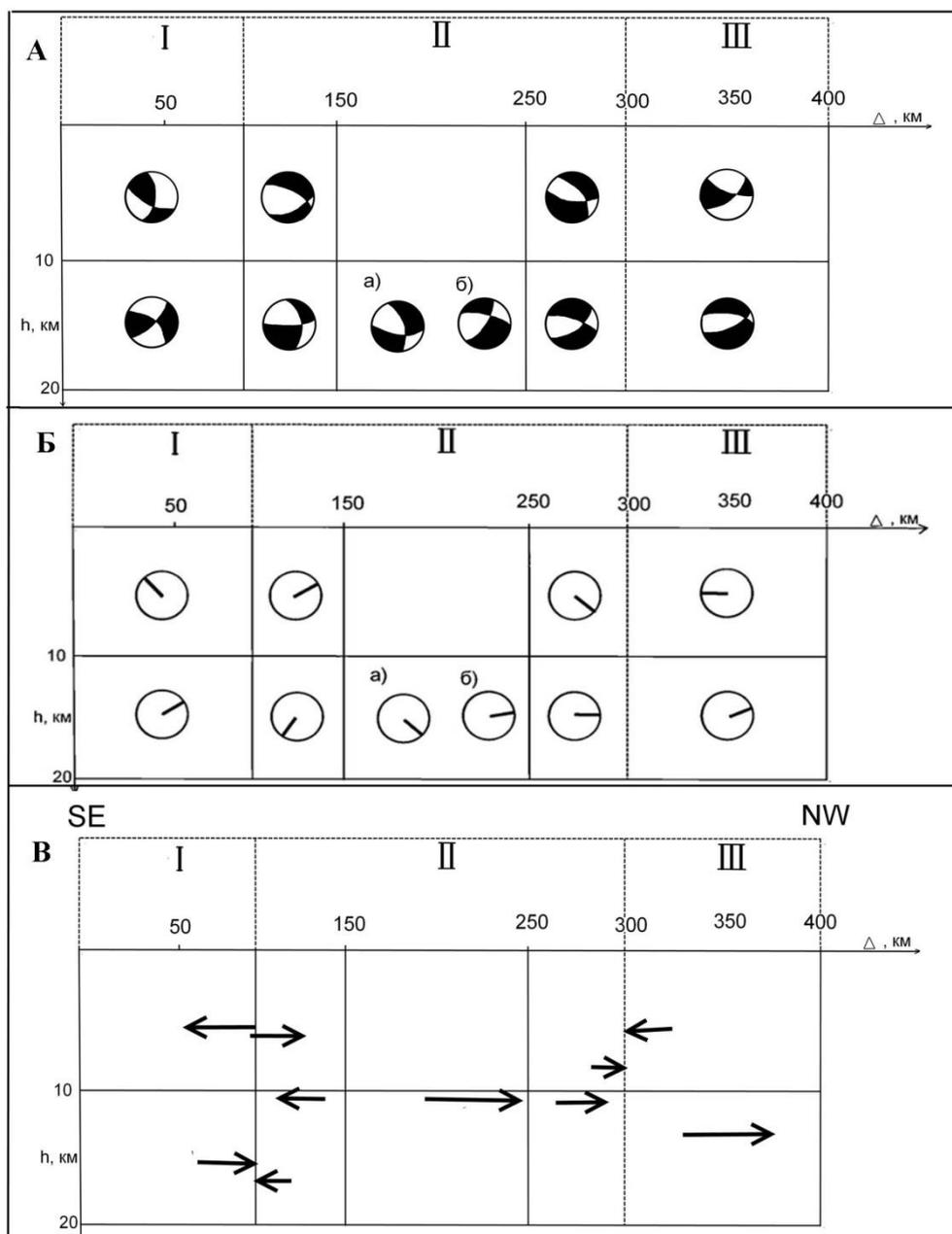
От 100 до 250 км (протяженность самого хр. Гаккеля) картина достаточно резко изменяется. На глубине от 0 до 10 км на расстоянии 100-150 км отмечены землетрясения со сбросовым и сбросо-сдвиговым типом. Далее (на расстоянии 150 – 250 км) тип подвижек не определялся из-за отсутствия на настоящий момент корректных данных. На расстоянии 250-300 км отмечаются землетрясения со сбросо-сдвиговым типом смещения и небольшим ( $\pm 5^0$ ) поворотом плоскостей разрыва. На этой же глубине и расстоянии от 300 до 400 км (зона сочленения хр. Гаккеля и Шпицбергенской зоны разломов) на глубине 0-10 км (верхний слой земной коры) происходили землетрясения взбросового, а на глубине 10-20 км сбросового типа.

В зависимости от типа подвижки в очаге землетрясения (сброс, взброс, сдвиг) и направления оси сжатия (вдоль, вкрест) геологической структуры (разлома или блока в целом) во многом зависит максимальное перемещение горных масс в момент разгрузки напряжений выражаемое, исходя из дислокационной модели очага, вектором скольжения. Методика определения вектора скольжения подробно описана в работе [7].

Схема направления (азимутов простираания) векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений вдоль профиля А-А" (Рис. 2, Б) явилась своего рода «первоосновой» для создания модели современной геодинамики Срединно-Арктического хребта (зоны спрединга) (Рис. 2, В), основную часть которой территориально занимает хр. Гаккеля.

Из предложенной модели отчетливо видно, что хр. Гаккеля не является единой монолитной структурой, а имеет сложное блоковое строение, о чем авторами уже неоднократно указывалось [8, 10, 11].

Из вышеприведенных схем отчетливо видно, что хребет Гаккеля не является единой монолитной структурой, а имеет сложное слоисто-блоковое строение. На расстоянии от 0-100 км, на глубине 0-10 км выделяется зона растяжения, на глубине 10-20 км эта же зона является зоной сжатия, на глубине 10 км левосторонний сдвиг. Далее на глубине 10 км на расстоянии 150-400 км правосторонний сдвиг. На расстоянии 300 км выделяется зона сжатия. В пределах 150-300 км и на глубине 0-10 км выделяется асейсмичная зона.



А - Схема распределение фокальных механизмов очагов землетрясений по глубине их залегания (профиль А-А' в проекции на вертикальную плоскость);

Б - Схема направления (азимуты простирания) векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений вдоль профиля А-А':

В - Современная геодинамическая модель земной коры хр. Гаккеля

Рис. 2 – Характеристики фокальных механизмов очагов землетрясений вдоль хребта Гаккеля

Т.е. в слоисто-блоковой среде послойно, а в отдельных блоках и во времени меняется напряженно-деформированное состояние литосферы, которое напрямую зависит от направления осей сжимающих напряжений.

На настоящий момент существует достаточно общепризнанное представление об асейсмичности нефтегазовых провинций на арктическом шельфе, которое необходимо тщательно перепроверить и доказать, поскольку оно основано на данных сильно разреженной сети сейсмостанций, удаленных на сотни и тысячи километров от подлежащих освоению площадей [2].

Полученная нами модель современной геодинамики Срединно-Арктического хребта в целом и хр. Гаккеля в частности позволяет сделать выводы о сложном пространственном взаимодействии геодинамических процессов различных рангов, формирующем нелинейную структуру напряженно-деформированного состояния земной коры, где взаимодействие блоков реализуется в условиях стесненных вращательных движений, что необходимо учитывать при проектировании крупных инженерных сооружений.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН «Изучение межгеосферных процессов в районах тектонических структур и узлов их пересечений в геологических условиях древних платформ на примере Архангельской области» (№ АААА-А18-118012390305-7) и при финансовой поддержке РФФИ-Арктика, проект № 18-05-60024.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоновская Г.Н., Кременецкая Е.О., Кваерна Т. Сейсмический мониторинг Евро-Арктического региона: состояние и перспективы //Юдахинские чтения. Геодинамика и экология Баренц-региона в XXI в.: Материалы докл. Всероссийской конференции с международным участием. (15 – 18 сентября 2014 года).– Архангельск. С. 7-10.
2. Маловичко А.А., Виноградов А.Н., Виноградов Ю.А. Развитие систем геофизического мониторинга в Арктике// Арктика: экология и экономика № 2 (14), 2014. С. 16-23.
3. Аветисов Г. П. Сейсмичность моря Лаптевых и ее связь с сейсмичностью Евразийского бассейна //Тектоника Арктики. Л.: изд-во НИИГА, 1975. Вып. 1. С. 31-36.
4. Аветисов Г. П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб: изд-во ВНИИОкеангеология, 1996. 185 с.
5. Дубинин Е.П., Кохан А.В., Сущевская Н.М. Тектоника и магматизм ультрамедленных спрединговых хребтов // Геотектоника. 2013. № 3. С. 3–30.
6. Кохан А.В. Тектоника и геодинамика ультрамедленных спрединговых хребтов / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого–минералогических наук. М: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2013. 27 с.
7. Беленович Т. Я. Современная геодинамика Тянь-Шаня по сейсмологическим данным //Дисс... докт. геол.-мин. наук. М.: МГУ. 1992. 291 с.
8. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беленович Т.Я., Морозов А.Н. Современная геодинамика хребта Гаккеля по сейсмологическим данным //Арктика: экология и экономика. 2016. № 4. С. 58-71.
9. The Advanced National Seismic System Catalog – ANSS. [Http://www.ncedc.org/anss/](http://www.ncedc.org/anss/)
10. Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я., Чистова З.Б. Современная геодинамика и нефтегазоносность Арктики //Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: Сб. научных трудов / Отв. ред. д.э.н., проф. В.И.Павленко. – Архангельск, 2016. С. 244–249.
11. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беленович Т.Я. Современная геодинамика Арктического нефтегазоносного супербассейна //Глубинная нефть, 2013. Т. 1. № 9. С. 1307-1336.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ДАННЫМ ОБМЕННЫХ ВОЛН

*Н.В. Ваганова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, nvag@yandex.ru

Данная работа представляет собой размышления автора при обобщении материала, полученного по экспериментальным данным, и выявившим некоторые особенности глубинного строения арктических территорий. В лаборатории сейсмологии, начиная с 2008 года, ведутся исследования глубинной структуры земной коры и верхней мантии методом P-S-приемных функций [1, 2]. По мере развития сейсмологических наблюдений и расширения сети станций в труднодоступных районах Арктики появилась возможность накопить большой экспериментальный материал и выявить особенности пространственно-временного распределения сейсмичности, скоростного строения земной коры и верхней мантии, проявления глобальных сейсмических границ в поле обменных волн как в континентальных (типично платформенных) условиях, так и в переходной зоне континент-океан. На Рис. 1 указаны сейсмические станции, по записям которых проводились исследования.

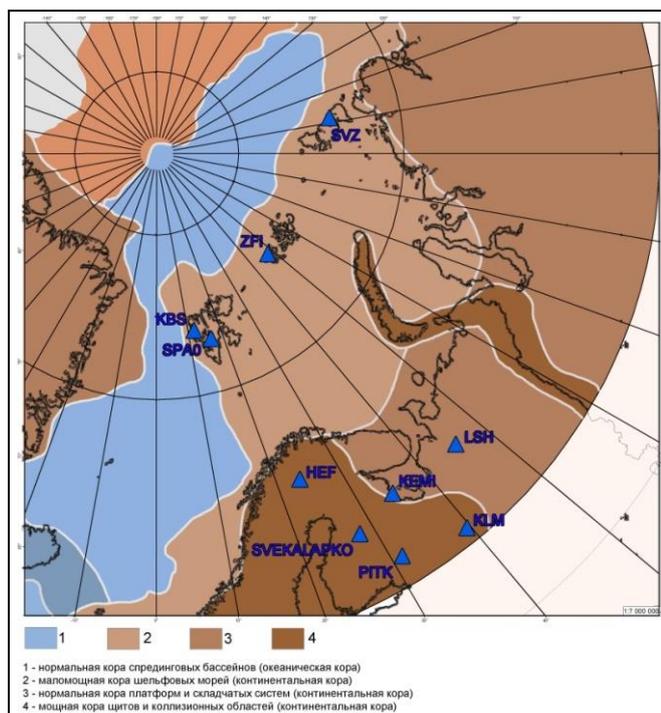
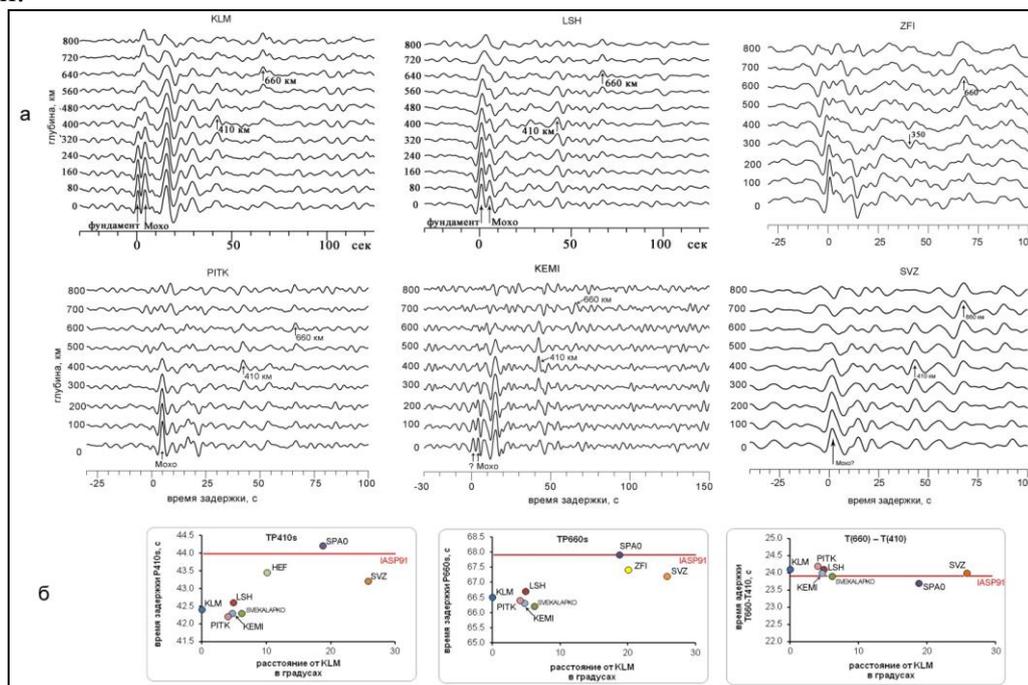


Рис. 1 – Схема типов коры циркумполярной Арктики на основе [3] и сейсмические станции, по записям которых проводились исследования методом приемных функций

Методология приемных функций использует в качестве исходного материала записи телесеизмических землетрясений, на которых в процессе обработки выделяются обменные волны, преобразованные из продольных P-волн в поперечные S-волны (модификация PRF) и преобразованные из поперечных S-волн в продольные P-волны (модификация SRF). Выделенные фазы Ps и Sp позволяют увидеть границы, на которых эти обмены произошли. Наиболее хорошо выделяются граница кристаллического фундамента, граница кора-мантия (граница Мохо), а также глобальные мантийные границы в зоне фазовых переходов в мантии, так называемые границы 410 км и 660 км [4]. Все упомянутые границы распространены в недрах Земли повсеместно, но они не

езде являются ровными и резкими; они могут варьировать в пределах первых десятков километров и изменять свое положение во времени и по глубине. В этой связи представляет большой интерес проследить степень проявления или отсутствия глобальных границ в поле обменных волн, их «резкость», глубину их залегания, скоростные характеристики – это как раз те параметры, которые отражают уникальные региональные особенности.

Проходя путь от границы обмена к поверхности с меньшей скоростью по сравнению с рефрагированной продольной волной Р, обменные волны Р<sub>s</sub> вступают на записи с некоторым запаздыванием по отношению к волне Р, их порождающей. Время запаздывания является важным параметром скоростных характеристик мантии, поскольку оно зависит от расстояния между источником и станцией и глубины границы, на которой произошел обмен. На Рис. 2а приведены примеры суммарных Р-приемных функций некоторых станций с указанием сигналов от границ в коре и мантии.



а - суммарные Р-приемные функции (стек) для станций KLM, LSH, ZFI, PITK, KEMI, SVZ;

б - времена задержки обменных фаз от границ 410 км и 660 км в сопоставлении со стандартной моделью IASP91

Рис. 2 – Примеры суммарных Р-приемных функций и времена задержки обменных фаз для разных станций

Наблюдается разная степень прослеживаемости границ в поле обменных волн. Например, границу Мохо можно увидеть по обменным волнам на всех исследуемых станциях. Граница 410 км уверенно, на мой взгляд, выделяется на станциях KLM, LSH, SVZ, KEMI, PITK; менее уверенно выделяется на станции PTRZ, SPA0. На станции ZFI выделяется сигнал на времени ~ 40 с, что не может быть идентифицировано с границей 410 км, а вероятнее всего, это является сигналом от границы 350 км, не выделяемой на других станциях (Рис. 2а). На глубинах 350 км имеется аномальное понижение скорости поперечных волн, вследствие серии фазовых переходов мантийных пироксенов и граната в мажорит и затем в ильменит, и эти переходы размазаны на очень широкий интервал глубин.

Границу 660 км можно увидеть практически на всех станциях, но амплитуда сигнала варьируется, например, на станции KEMI сигнал от границы 660 км сильно зашумлен. На Рис. 2б времена задержек от границ 410 км и 660 км сопоставляются с

аналогичными временами в стандартной модели IASP91. Стандартные времена задержек по модели IASP91  $TP(410)s=44.0$  с,  $TP(660)s=67.9$  с, разница  $TP(660)s - TP(410)s$  равна 23.9 с и на Рис.26 эти времена показаны красной линией. Дополнительно были взяты времена задержек из литературных источников для станции HEF и проекта SVEKALAPKO в Финляндии [5].

Рис. 26 показывает общую тенденцию изменения времен задержек в зависимости от глубинных условий. Станции расположены по мере удаления от станции KLM и продвижения с юга на север. Такой подход выбран не случайно. Станция KLM территориально расположена на Севере Русской плиты в типично континентальных условиях, а станции SVZ, SPA0, ZFI расположены в условиях, постепенно переходящих от континентальной коры к океанической. Наблюдается интересная закономерность - самые малые значения имеются на станциях KLM, LSH, KEMI, PITK, SVEKALAPKO - времена задержек здесь существенно ниже, чем стандартные по модели IASP91. Малые времена задержек от границ 410 км свидетельствуют о том, что *верхняя мантия до глубин 410 км на севере Восточно-Европейской платформы имеет свойства, отличные от стандартных*. Причиной малых времен задержек могут быть высокие скорости  $V_s$  в верхней мантии, либо поднятие границы вверх, либо интегральный эффект обеих причин. А по мере продвижения в высокие широты (станции HEF, ZFI, SPA0, SVZ) эти времена задержек постепенно увеличиваются и приближаются к стандартным значениям. Разность  $TP(660)s - TP(410)s$  на всех станциях почти совпадает с модельным значением, и это говорит о том, что переходная зона мантии под всеми станциями не имеет аномалий и имеет обычные свойства.

Проведя обращение (инверсию) суммарных PRF и SRF, получены скоростные модели  $V_p$  и  $V_s$ , которые отражают распределение скоростей с глубиной и положение основных границ в подстанционных областях. Рис. 3 демонстрирует *характерные особенности глубинного строения арктических территорий*:

1. На станциях KLM, LSH, ZFI, SVZ выделяется граница между низкоскоростным осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом.

Минимальная мощность осадков 1.5 – 2.0 км на севере Русской плиты, в пределах северного крыла Московской синеклизы, в районе расположения станции KLM. Максимальная мощность 5 км - под станцией LSH в районе Лешуконского прогиба Мезенской синеклизы. Платформенный чехол покрывает дорифейский кристаллический фундамент, сложенный метаморфизованными и сложнодислоцированными образованиями архея и раннего протерозоя.

В северо-восточной части шельфа Карского моря в районе архипелага Северная Земля (станция SVZ) кристаллический фундамент прослеживается на глубине от 3 до 5 км. Вся подводная часть Карской плиты в этом районе сложена рифейско-нижнепалеозойскими терригенными и терригенно-карбонатными комплексами, которые перекрывают дорифейский фундамент.

Под архипелагом Земля Франца-Иосифа (станция ZFI) мощность осадочного слоя составляет порядка 4 км, представлен слабометаморфизованными породами мезозойского возраста.

Под другими станциями (PITK, KEMI) кровля фундамента выходит на поверхность, либо мощность осадков незначительна (KBS, SPA0).

Скорости  $V_p$  в осадочном чехле под исследуемыми станциями лежат в интервале 4.3 – 4.7 км/с, скорости  $V_s$  – в интервале 2.2 – 3.1 км/с.

2. На всех исследуемых станциях консолидированная кора трехслойная, разделяется на верхнюю, среднюю и нижнюю. Скорости в слоях нарастают скачкообразно (например, на PITK и ZFI) или градиентно (например, на KEMI, LSH).

3. На скоростных моделях всех исследуемых станций уверенно выделяется граница Мохо между корой и мантией. Положение её закономерно изменяется в

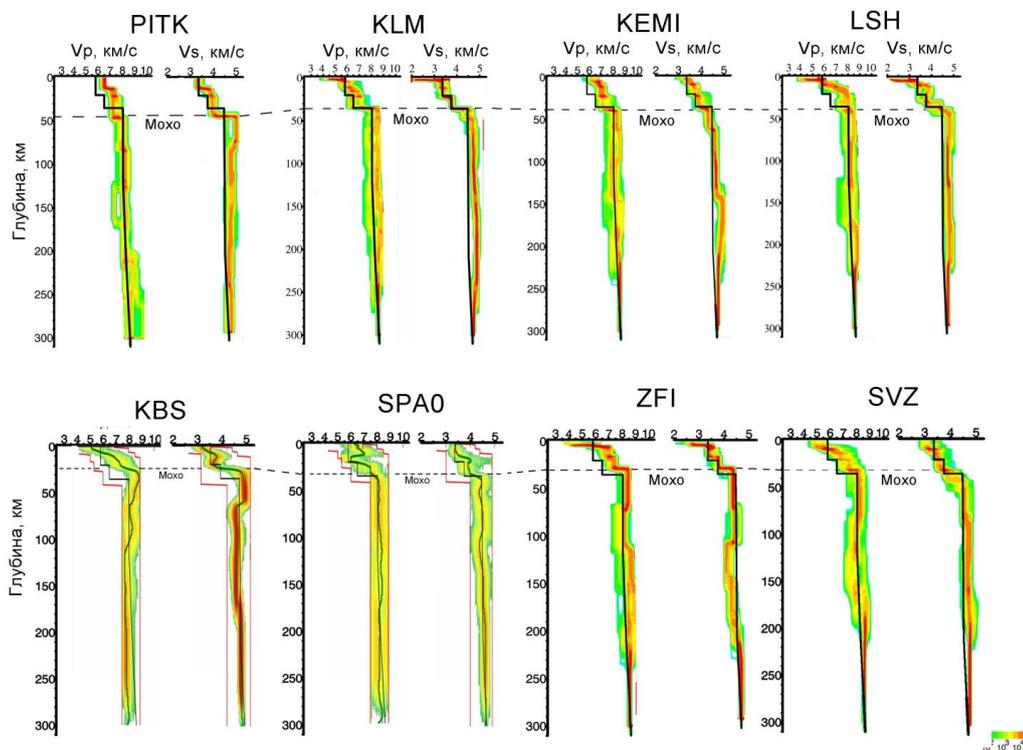
зависимости от структурно-геологических условий. В рассматриваемых районах, где установлены станции, наблюдается земная кора трех типов, различающихся в основном мощностью. Граница Мохо постепенно воздымается при переходе от Балтийского щита через Русскую плиту к Баренцевоморской (Свальбардской) плите. В районе Балтийского щита по данным станций РИТК и КЕМИ Мохо максимально погружена на глубину 44 – 39 км соответственно, здесь, согласно [3] мощная кора щитов (континентальный тип). Далее, при переходе к Русской плите (станция КЛМ) наблюдается нормальная кора платформ [3], типичная для Восточно-Европейской платформы, граница Мохо поднимается до 36 км. Под станцией LSH она представляет собой коромантийный слой на глубинах 39 – 42 км.

Несколько другой тип коры наблюдается в Баренцево-Карском регионе, в районе архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. Под станциями KBS, SPA0 и ZFI мощность коры существенно снижена до 22 – 26 км. Это маломощная кора шельфовых морей. Наблюденное утонение консолидированной коры является признаком образования рифтогенных структур, связанных с растяжениями земной коры в условиях континентального рифтогенеза и перехода континентальной коры в океаническую.

Станция SVZ расположена в пределах северной части шельфа Карского моря, здесь граница между нижней корой и мантией прослеживается на глубинах 32-33 км, тип коры – континентальная маломощная кора шельфовых морей, отличается от нормальной коры сокращенной мощностью.

4. Подкорковая литосфера и верхняя мантия по скоростным свойствам не имеет явных резких аномалий, но наблюдаются чуть повышенные значения скоростей на станциях РИТК, КЛМ, КЕМИ, LSH (Рис. 3), которые не противоречат рассуждениям о высокоскоростной мантии платформенных территорий.

5. Положение границы астеносферы вызывает большие сомнения и вопросы, поэтому в рамках этой работы не обсуждается



Цветом показано распределение вероятности значений скоростей, наиболее вероятные значения концентрируются в оранжево-красной области

Рис. 3 – Скоростные модели литосферы  $V_p$ ,  $V_s$  до глубины 300 км, полученные путем совместного обращения приемных функций обменных фаз  $P_s$  и  $S_p$ .

Таким образом, скоростные модели, экспериментально полученные по данным обменных волн, являются важным элементом целого комплекса геолого-геофизических данных (гравиметрических, магнитометрических, петрофизических и др.), которые в совокупности с данными о сейсмичности арктических территорий позволят перейти к трехмерному геофизическому моделированию. Они помогут изучить возможные связи глубинного строения и сейсмичности с поверхностными структурами, геологическими процессами в зонах сочленения Балтийского щита, Русской плиты и юга Баренцево-морской шельфовой плиты.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-05-70018 «Геодинамическая обстановка нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей по новейшим сейсмотектоническим данным» (частично) и государственного задания «Развитие сейсмических методов для прогнозирования и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф в Западном арктическом секторе Российской Федерации», АААА-А18-118012490072-7.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vinnik L.P. Detection of waves converted from P to S in the mantle. // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 1977. Vol. 15. P. 39-45.
2. Oreshin S., Vinnik L., Peregoudov D. Lithosphere and asthenosphere of the Tien Shan imaged by S receiver functions. // *Geophysical research letters*, 2002. Vol. 29. No 8. P. 1191.
3. Кашубин С.Н., Петров О.В., Андросов Е.А., Морозов А.Ф., Каминский В.Д., Поселов В.А. Карта мощности земной коры циркумполярной Арктики. Региональная геология и металлогения. 2011. № 46. С. 5 -13.
4. IASP91 velocity model <http://ds.iris.edu/spud/earthmodel/9991809#>
5. Kozlovskaya E., Kosarev G., Aleshin I., Riznichenko O. and Sanina I. Structure and composition of the crust and upper mantle of the Archean-Proterozoic boundary in the Fennoscandian shield obtained by joint inversion of receiver function and surface wave phase velocity of recording of the SVEKALAPKO array. *Geophys. J. Int.* 2008. Vol. 175, P. 135–152.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ФОНА НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОБОРСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*А.В. Данилов, А.И. Кошкин, А.А. Яковенко*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [danilov.aleksey.vikt@gmail.com](mailto:danilov.aleksey.vikt@gmail.com)

В связи с возросшей техногенной нагрузкой в районе размещения сейсмической станции «Пермогорье» PRG (д. Большая Красноборского района Архангельской области), негативно сказывающейся на качестве регистрируемого сигнала, было принято решение поиска нового более «тихого» места. Рекогносцировочные исследования проводились в августе 2018 и марте 2019 гг. Было подобрано три возможных места установки сейсмической станции, где была размещена сейсмическая аппаратура. Точки, в которых проводились рекогносцировочные замеры, представлены на Рис. 1 (TRI3, TRI4, TRI5), находятся на удалении от текущего местоположения станции PRG на расстоянии от 11.5 до 15.0 км. Краткая информация о пунктах установки сейсмической аппаратуры и типах датчиков представлена в Табл. 1.



Рис. 1 – Карта расположения станции PRG и рекогносцировочных точек (TRI3, TRI4, TRI5)

Таблица 1 – Данные рекогносцировочных точек и станции PRG

Наименование пункта наблюдений	$\varphi, ^\circ\text{N}$	$\lambda, ^\circ\text{E}$	Наименование сейсмической аппаратуры	Диапазон измеряемых частот, Гц
PRG	61.6382	45.6274	Сейсмометр CM3-KB, регистратор SDAS	От 0.50 до 20.00
TRI3	61.6147	45.8373	Сейсмометр TC-120s, регистратор Centaur	От 0.01 до 50.00
TRI4	61.6248	45.8647	Сейсмометр TC-120s, регистратор Centaur	От 0.01 до 50.00
TRI5	61.6170	45.9042	Сейсмометр TC-120s, регистратор Centaur	От 0.01 до 50.00

Для сравнения уровня микросейсмического фона в различных пунктах замеров с уровнем микросейсм станции PRG анализировались суточные спектры мощности микросейсм. В августе 2018 г. станция PRG работала неустойчиво, поэтому для оценки уровня микросейсмического фона были взяты сутки данных (выходной день) в августе 2017 г. Оценка уровня микросейсмического фона производилась по графикам спектральной плотности мощности в сравнении с эмпирическими моделями Петерсона [1]. На Рис. 2 представлена спектральная плотность мощности микросейсмического фона для станции «Пермогорье», из рисунка видно, что в полосе частот от 1.5 до 4.0 Гц уровень фона находится на границе верхней модели Петерсона или выходит за ее пределы. Данный факт проявляется на всех каналах, что отражается в зашумленности сейсмической записи и, следовательно, трудности выделения полезного сигнала (Рис. 3).

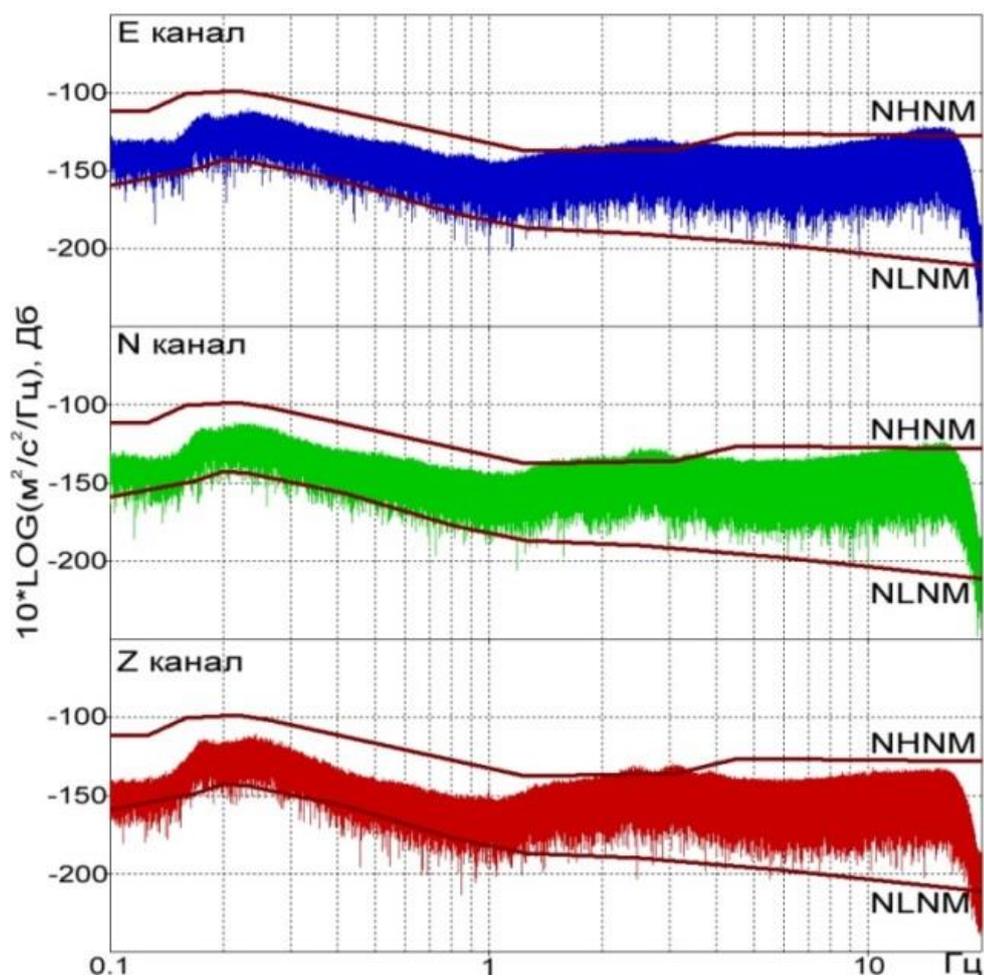
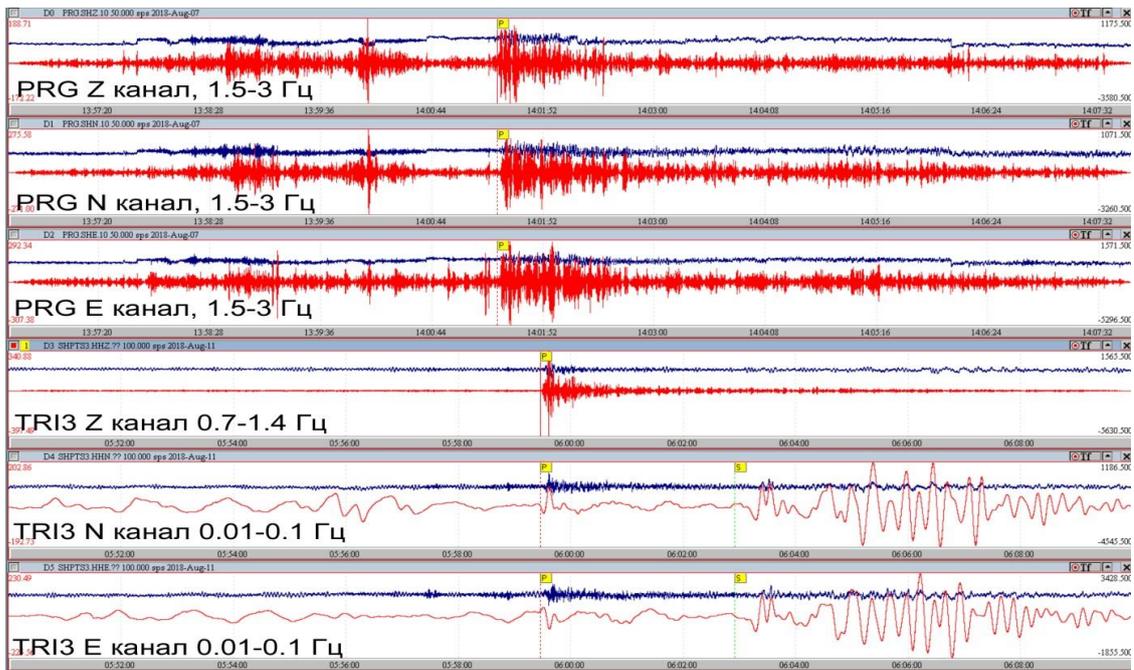


Рис. 2 – Спектральная плотность мощности микросейсм по записям станции PRG в сравнении с эмпирическими моделями Петерсона [1]

На Рис. 3 для сравнения приведены волновые формы землетрясений, зарегистрированных из района хребта Книповича пунктом TRI3 (11.08.2018,  $t_0=05:54:47$ , mb 5.3) и пунктом PRG (07.08.2018,  $t_0=13:57:11$ , mb 5.7). Применение фильтрации позволяет более четко «увидеть» событие. При этом на волновых формах временного пункта TRI3 хорошо видны поверхностные волны, которые на записях PRG выделить не представляется возможным.

Спектральная плотность мощности микросейсмического фона в пунктах регистрации TRI3-TRI5 представлена на Рис. 4. Из Рис. 4а видно, что для пункта TRI3 практически во всей полосе частот регистрирующей аппаратуры уровень фона находится в пределах эмпирических моделей Петерсона. Данное обстоятельство наблюдается на всех каналах, при этом по Z каналу уровень фона является самым низким, что позволит в будущем уверенно регистрировать первичные фазы продольных волн землетрясений.

Уровень фона в пунктах TRI4 и TRI5 идентичен. В полосе частот от 1.5 до 4.0 Гц фон находится в пределах эмпирических моделей Петерсона по всем каналам. В связи с этим, данные точки в сравнении с действующим местоположением станции PRG являются наиболее подходящими для установки стационарной станции.



Синий цвет – регистрируемый сигнал, красный цвет – фильтрованный сигнал  
 Рис. 3 – Сравнение регистрации землетрясений в пунктах PRG и TRI3

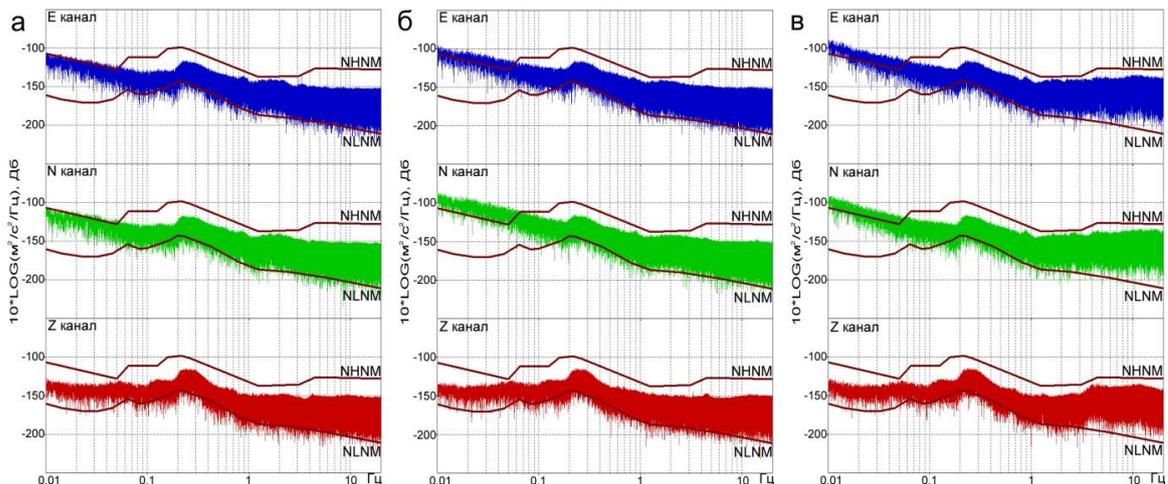


Рис. 4 – Спектральная плотность мощности микросейсм в пунктах: TRI3 – а, TRI4 – б, TRI5 – в, по записям в августе 2018 года в сравнении с эмпирическими моделями Петерсона [1]

При сравнении результатов, полученных в трех временных пунктах регистрации видно, что в полосе частот ниже 0.1 Гц уровень фона для TRI3 меньше, чем для TRI4 и TRI5. Данное обстоятельство является значимым при выделении поверхностных и поперечных волн землетрясений. Это может быть также использовано при проведении каких-либо исследований, основанных на поверхностных волнах: ММЗ (метод микросейсмического зондирования), интерферометрия, томография и т.д. [2]. Таким образом, рассматриваемый район представляется перспективным для переноса стационарной станции.

Несмотря на то, что наиболее «тихим» местом при проведении рекогносцировочных работ является точка TRI3, установка стационарной станции ограничена возможным вандализмом, поэтому из рассматриваемых мест только TRI5 находится на охраняемой территории. В связи с этим, рассмотрим такой параметр как глубина установки оборудования, который является значимым для получения качественных сейсмических записей. В августе 2018 г. при замерах в точка TRI3, TRI4

и TRI5 сейсмометры были заглублены лишь на 20-30 см. В конце марта 2019 г. в точке TRI5 (Рис. 1) сейсмический датчик был заглублен на 80 см. Как видно из Рис. 5, уровень микросейсмического фона в низкочастотной области заметно снизился. Подобный факт, помимо заглубления датчика на большую глубину, может быть обусловлен сезонными вариациями уровня микросейсмического фона [3]. Тем не менее, полученный результат обнадеживает. Отметим, что стационарная установка аппаратуры в данной точке предполагается нами на глубине порядка 3-5 м, что позволит еще больше уменьшить воздействия техногенных шумов.

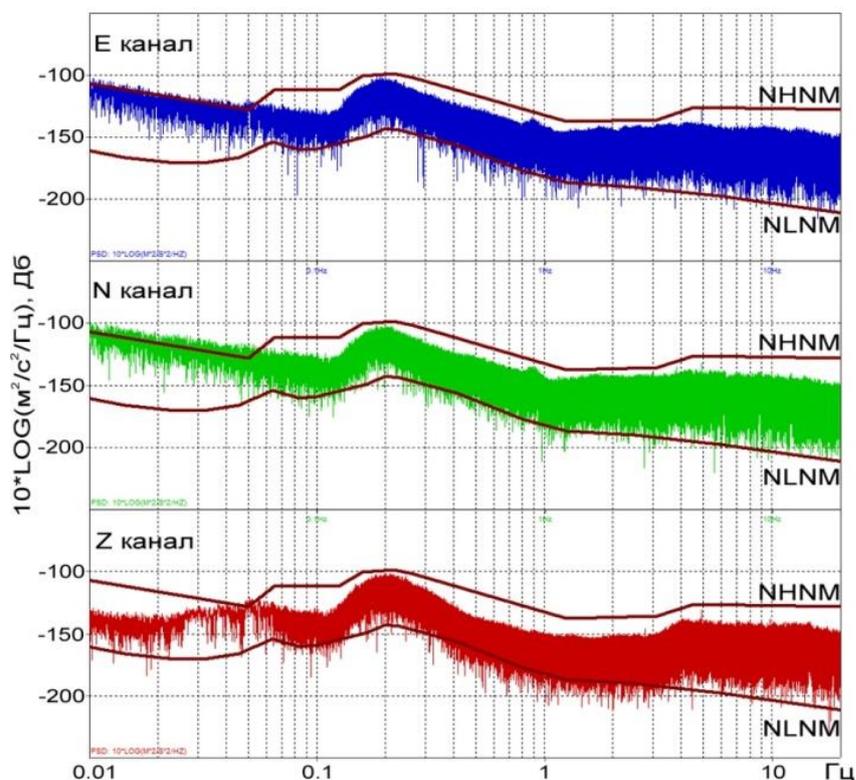


Рис. 5 – Плотность спектра мощности по записям в точке TRI5 в марте 2019 года

Таким образом, с учетом заглубления сейсмической аппаратуры считаем, что наиболее подходящим пунктом для переноса стационарной сейсмической станции PRG является точка TRI5 (Рис. 1).

*Исследования проведены частично в ходе выполнения темы НИР лаборатории сейсмологии, № государственной регистрации АААА-А18-118012490072-7 и проекта РФФИ 18-05-70018.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // U.S. Geological Survey. Open-File report 93–322. 1993. 95 p.
2. Gorbatikov AV, Montesinos FG, Arnoso J, Stepanova MY, Benavent M, Tsukanov AA (2013) New features in the subsurface structure model of El Hierro Island (Canaries) from low-frequency microseismic sounding: An insight into the 2011 seismo-volcanic crisis. *Surveys in Geophysics*, 34(4):463-489.
3. Французова В.И., Иванова Е.В., Конечная Я.В. Сезонные вариации в регистрации сейсмических событий заполярными станциями Архангельской сети // *Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы* / Отв. Редактор А.А. Маловичко. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 332-335.

## СТРОЕНИЕ ХОЛМОГОРСКОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО УЗЛА ПО ДАННЫМ ПАССИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

*К.Б. Данилов, Е.В. Шахова, Н.Ю. Афонин*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, danilov\_kostea@mail.ru

Тектонический узел в районе села Холмогоры описан в работе [1]. Тектонические узлы образуются в результате пересечения разломных нарушений, вызывающих сложное строение земной коры и столбообразные нарушения на всей мощности земной коры [1].

В 2013 году в пределах тектонического узла произошло землетрясение с магнитудой 3.4 [2]. С целью выявления причин землетрясения было решено произвести исследование глубинного строения эпицентральной зоны и тектонического узла в целом.

С целью определения характерных особенностей глубинного строения тектонического узла были проведены исследования пассивными сейсмическими методами: пассивной сейсмической интерферометрией (ПСИ), методом Н/V (отношения компонент вертикальной к горизонтальным), методом микросейсмического зондирования (ММЗ). Для оценки сейсмической активности эпицентральной зоны был проведен анализ микроимпульсов.

### **Схема эксперимента**

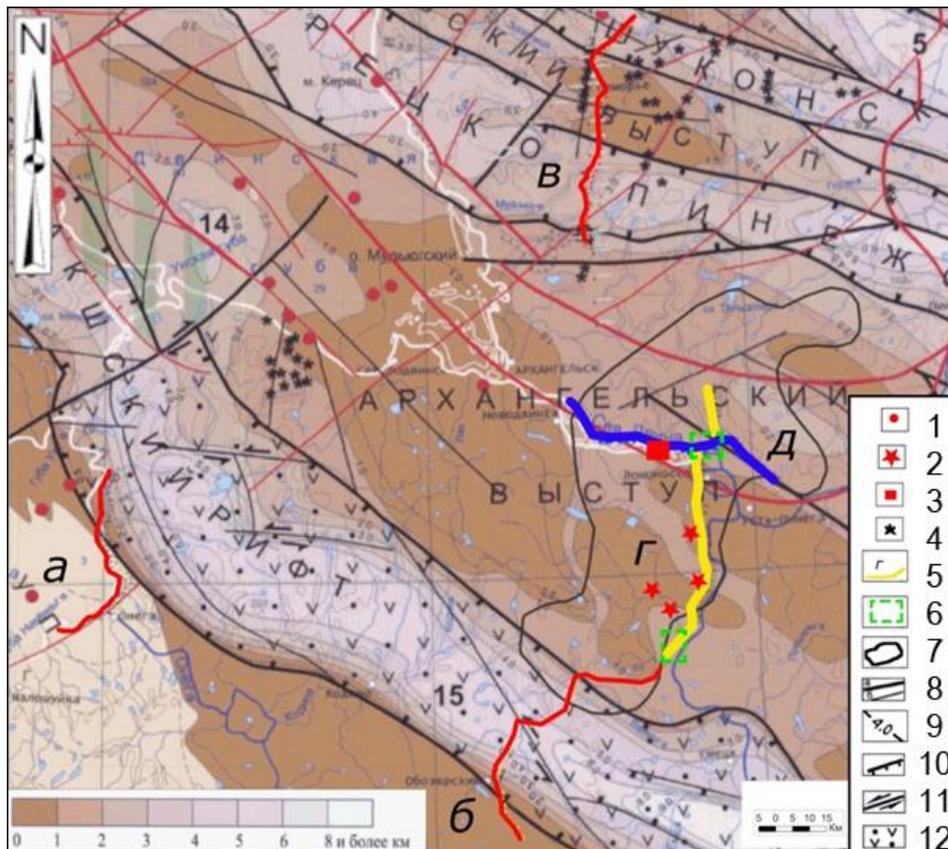
Для метода ПСИ и анализа микроимпульсов использовались четыре базовых станции. Данные станции были размещены вокруг эпицентральной зоны исследуемого землетрясения (Рис. 1), и функционировали в течение трех недель. Пункты установки условно названы «Север», «Юг», «Запад», «Восток». В данных пунктах использовались велосиметры Nanometrics с регистраторами Centaure (Канада). Координаты точек измерения и наименование сейсмической аппаратуры приведено в Табл. 1.

Для методов Н/V и ММЗ производились замеры вдоль двух профилей. Профиль Палово-Холмогоры-Кассозеро направлен с севера на юг и включает 49 пунктов измерений. Профиль Архангельск-Луковецкий направлен с запада на восток и включает 36 пунктов измерений. В дальнейшем при описании профиль Палово-Холмогоры-Кассозеро будем называть профиль 1, а профиль Архангельск-Луковецкий – профиль 2.

Таблица 1 – Данные точек регистрации

Наименование пункта наблюдений	$\varphi, ^\circ\text{N}$	$\lambda, ^\circ\text{E}$	Наименование сейсмической аппаратуры	Диапазон измеряемых частот, Гц
TRI3 (Юг)	63.89875	41.48186	сейсмометр TC-120s, регистратор Centaur	от 0.01 до 50.00
TRI4 (Запад)	63.95548	41.37532		
TRI5 (Север)	64.10021	41.62017		
TRI6 (Восток)	63.96895	41.67007		

Шаг между пунктами замеров микросейсм составлял от 1.5 до 2 км. Время накопления сигнала в пунктах составляло 3 часа. На участке 0–7.5 км профиль 1 перекрывается с профилем Самодед-Палово, описание которого дано ранее в работе [3].



профили: а – Ворзогоры-Кянда; б – Малиновка-Палово; в – Ижма-Гриба; г – Палово-Кассозеро;

д – Архангельск-Луковецкий. 1 – эпицентры землетрясений; 2 – пункты установки базовых станций соответственно: «Север», «Юг», «Запад», «Восток»; 3 – опорная станция «Вайново»; 4 – трубки взрыва;

5 – профили ММЗ; 6 – зоны перекрытия профилей; 7 – контуры Холмогорского тектонического узла [1]; 8 – разломные нарушения; 9 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента; 10 – сбросы;

11 – сдвиги; 12 – вулканогенно-осадочный комплекс рифтовой впадины

Рис. 1 – Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий с нанесенными пунктами замеров микросейсм

### ***Микрособытия***

Первым шагом обработки экспериментального сейсмологического материала являлся анализ волновых форм сейсмограмм на разных компонентах (EW, NS, Z) и в разных точках.

Визуальный просмотр записей станций в точках регистрации показал, что практически в любой точке регистрации микросейсм на достаточно коротких временных интервалах можно увидеть импульсы – микрособытия (микротрески). Импульсы распределены по записи неравномерно. Амплитуда этих микрособытий не на много превосходит фон сейсмических шумов. Микротрески представлены короткими записями с ярким вступлением, могут наблюдаться в виде единичного треска или последовательности тресков. Визуальный просмотр записей станций в точках регистрации показал, что практически в любой точке регистрации микросейсм на достаточно коротких временных интервалах можно увидеть импульсы – микрособытия, предположительно эндогенной природы.

Из Табл. 2 видно, что минимальное количество микрособытий было зарегистрировано в пунктах «Север» и «Восток», при этом данные станции стояли в смешенном лесу примерно в одинаковом удалении от дороги, а максимальное – в пункте «Запад», который был максимально удален от техногенных и антропогенных

источников микросейсм, однако он находился на участке с резким изменением направления реки.

Таблица 2 – Количество микрособытий в точках регистрации

Наименование пунктов наблюдений	Среднее количество микрособытий за 1 час
TRI3 (Юг)	4
TRI4 (Запад)	7
TRI5 (Север)	2-3
TRI6 (Восток)	1-2

### *Пассивная сейсмическая интерферометрия*

Для расчета дисперсионной кривой, полученный сигнал был отфильтрован набором узкополосных фильтров с шириной 0.05 Гц (Рис. 2). Из рисунка видно, что геологическая среда в исследуемом районе характеризуется нормальной дисперсией поверхностных волн, при которой происходит возрастание скорости с увеличением глубины. Для сравнения, по скоростному разрезу ГСЗ Рубин [4] была рассчитана теоретическая дисперсионная кривая. Полученные дисперсионные зависимости оказались близкими. Данный факт говорит, что в усредненных характеристиках исследуемый участок слабо отличается от смежных структур.

Метод N/V применяется в геофизике на протяжении относительно длительного времени и зарекомендовал себя как простой в реализации и достаточно надежный метод. Данный метод чувствителен к изменениям глубин залегания границ, поэтому основная область его применения – это оценка мощности осадочного чехла, картирование поверхности кристаллического фундамента, а также выявление разломов [5].

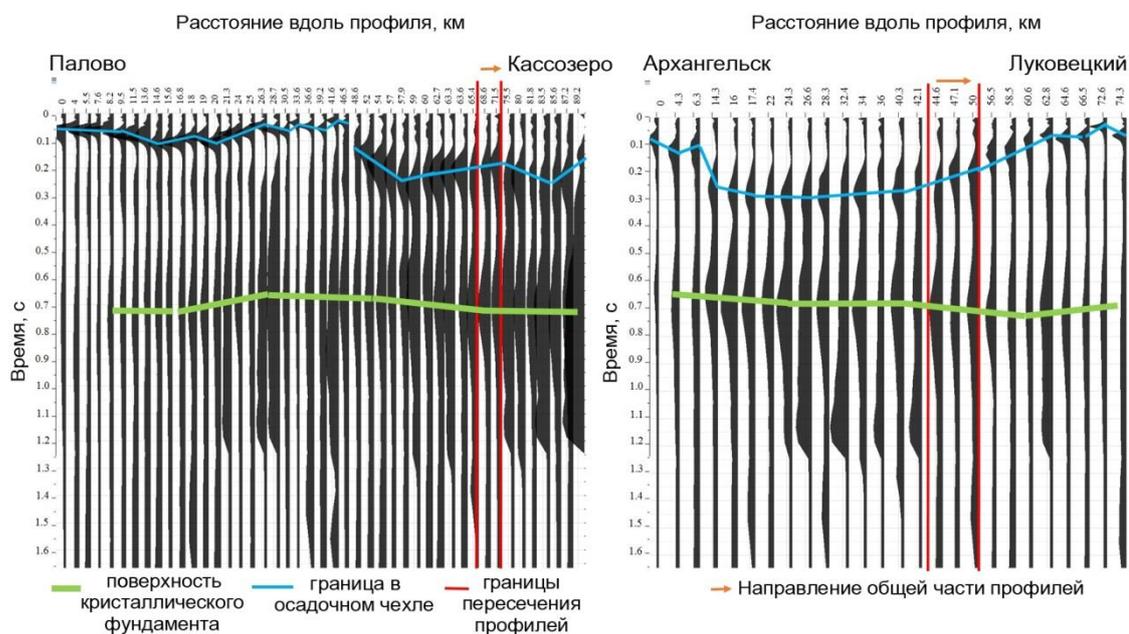


Рис. 2 – Результаты обработки данных методом N/V

По данным метода N/V выделено две ярко выраженные границы упругих свойств горных пород. Верхняя граница, отмеченная голубым цветом, соответствует временам распространения поперечных волн от 0.05 до 0.3 с. Так как скорость поперечных волн в данном слое, обычно составляет от 500 до 1500 м/с, то можно предположить, что данная граница залегает на глубинах от 250 до 450 м. Данная

граница вероятно разделяет осадочный чехол на два слоя. Поверхности кристаллического фундамента соответствует вторая граница, отмеченная зеленым цветом, глубина которой ориентировочно составляет от 300 до 1050 м. Следует заметить нарушение в верхней границе в районе пункта 48.6 км профиля Палово-Касозеро. Данное нарушение может являться косвенным признаком наличия более глубинного разлома.

### **Метод микросейсмического зондирования**

Результаты метода микросейсмического зондирования [6] представлены в виде диаграммы распределения относительной интенсивности микросейсм вдоль профиля и по глубине (Рис. 3). Данное распределение и отражает наличие аномалий скоростных свойств в исследуемой среде. Зоны с пониженной интенсивностью микросейсм определяют участки с повышенными скоростными свойствами, а зоны с повышенной интенсивностью – участки пониженных скоростей [6].

Согласие данных двух профилей на участке пересечения указывает на достоверность результатов.

В верхней коре разломные зоны проявляются на участках от 7 до 20 км первого профиля и соответствуют эпицентральной зоне землетрясения 2013 года. Также разломные нарушения в верхней коре выделяются на участке от 25 до 53 км второго профиля. Данные результаты согласуются с результатами анализа микрособытий – их максимальное количество было зарегистрировано на станциях «Юг» и «Запад» (Табл. 2), которым соответствуют разломные нарушения в верхней коре (Рис. 3).

Отдельно выделяется участок второго профиля от 55 до 74 км. На данном участке отмечается наиболее однородное строение. Так на протяженном участке вариации интенсивности микросейсм в верхней коре составляют менее 2 дБ. Данный факт указывает на стабильную работу аппаратуры и хорошую «сбивку» разных комплектов.

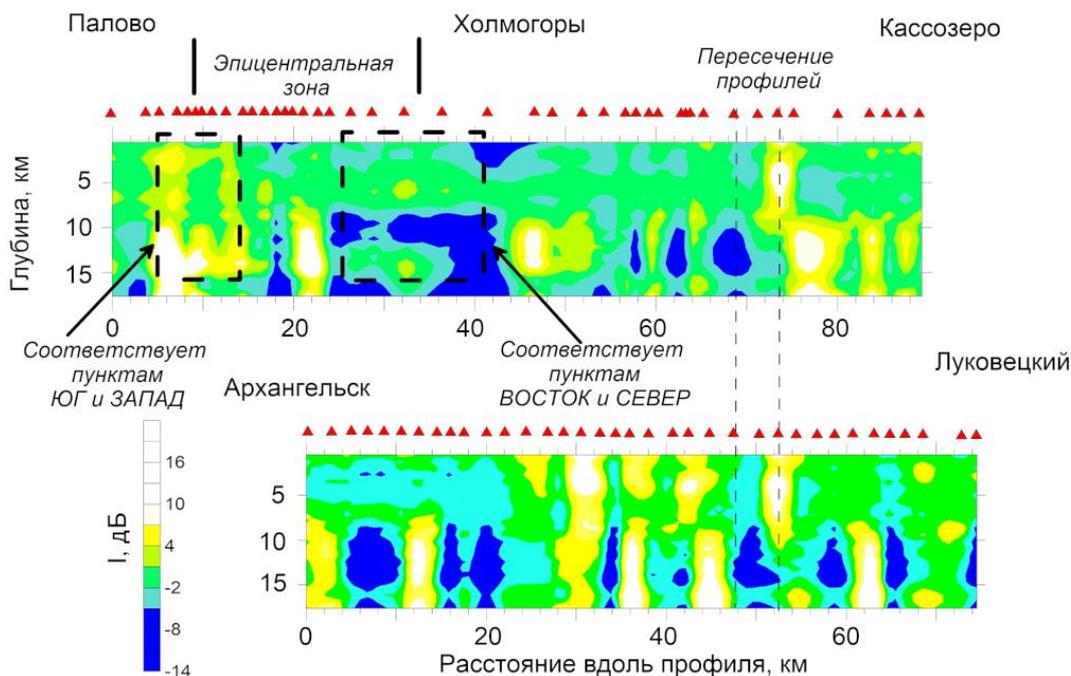


Рис. 3 – Геофизический разрез по данным метода микросейсмического зондирования

### **Выводы**

Проведенные исследования позволили определить характерные особенности глубинного строения исследуемого участка.

Показано, что исследуемая область слабо отличается от смежных структур по осредненным скоростным характеристикам. При этом наблюдается наличие серии

контрастных локализованных в пространстве разломных нарушений, образующих сложную систему. Изучение подобной системы разломных нарушений требует площадных работ с большей детальностью.

Показано, что характерной особенностью района землетрясения являются вертикальные разломные нарушения в верхней коре. В других частях исследуемого региона вертикальные контрастные нарушения приурочены преимущественно к средней коре. Ввиду максимального количества микроимпульсов в районе разломных нарушений в верхней коре можно предположить, что именно к западной части эллипса ошибок приурочен гипоцентр землетрясения 2013 г. Более точный ответ могут дать детальные глубинные исследования в этом районе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутинов Ю.Г., З.Б. Чистова, В.В. Беляев, П.С. Бурлаков Влияние тектонических нарушений (дегазация, наведенные токи, вариации геомагнитного поля) Севера Русской плиты на окружающую среду (на примере Архангельской области) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2009. № 2. Вып. 14. С. 77 -89.
2. Морозов А.Н., Ваганова Н.В., Асминг В.Э., Михайлова Я.А. Сейсмичность севера Русской плиты: уточнение параметров гипоцентров современных землетрясений // Физика Земли, 2018. № 2. С. 104-123.
3. Danilov K.B. The structure of the Onega downthrown block and adjacent geological objects according to the microseismic sounding method // Pure and Applied Geophysics, 2017. V. 174. № 7. Pp. 2663-2676.
4. Костюченко С.Л. Участки профилей кварц и Рубин / С.Л. Костюченко, Е.Е. Золотов, В.А. Ракитов; Под ред. Н.В. Шаров // Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. 353 с.
5. Delgado J., López Casado C., Giner J. et al. Microtremors as a geophysical exploration tool: Applications and limitations // Pure and Applied Geophysics, 2000. V. 157. Pp. 1445-1462.
6. Горбатиков А.В., Цуканов А.А. Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих скоростных неоднородностей. Исследование возможностей метода микросейсмического зондирования // Физика Земли, 2011. № 4. С. 96-112.

#### **ОТ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ К СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**

*А.Д. Завьялов<sup>1</sup>, С.А. Перетокин<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, zavyalov@ifz.ru

<sup>2</sup> Красноярский филиал – специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука», г. Красноярск, saperetokin@yandex.ru

В докладе рассматривается проблема существования человеческого общества в условиях сейсмической опасности и риска с точки зрения сейсмической безопасности, являющейся одним из существенных факторов более общей проблемы экологической безопасности, вынесенной в название конференции. Система сейсмической безопасности включает три блока: 1) Оценка сейсмической опасности, включающая прогноз землетрясений и сейсмическое районирование; 2) Сейсмостойкое строительство; 3) Ликвидация последствий землетрясений.

Чем более надёжно и корректно решаются задачи первого и второго блока, тем меньше нагрузка на третий, являющийся прерогативой экстренных служб федерального, регионального и локального уровней. Каждый из блоков содержит в себе широкий спектр задач и проблем. Кроме того, эффективное функционирование системы возможно только в случае отлаженной взаимосвязи между блоками.

Оценка сейсмической опасности, с точки зрения проектирования и строительства, это результат сейсмического районирования различного масштаба и степени детальности – общее сейсмическое районирование (ОСР), детальное сейсмическое районирование (ДСР) и сейсмическое микрорайонирование (СМР).

Прогноз сейсмической опасности как оценка ожидаемой магнитуды в заданном районе в фиксированный интервал времени, в большей степени полезен в оперативном плане – эвакуация людей, остановка опасных производств, мобилизация служб ликвидации последствий и т.д. Подобный прогноз и по сей день остается сложной научной проблемой и благородной целью сейсмологии. Несмотря на усилия, предпринимаемые научным сообществом, точно предсказать время возникновения, место и силу очередных сейсмических толчков, а тем более предотвратить их, к сожалению, невозможно. С другой стороны, успешные прогнозы не избавят человечество от землетрясений; они будут причинять ущерб зданиям и сооружениям. Кроме того, даже в случае надежного прогноза, можно ли будет осуществить эвакуацию населения таких мегаполисов, как Токио, Сан-Франциско, Пекин, и даже городов с меньшей численностью – Петропавловск-Камчатский, Южно-Сахалинск?

Разрушения и число человеческих жертв могут быть уменьшены путем:

- проведения в сейсмоактивных районах разумной и долговременной государственной политики, основанной на повышении уровня осведомленности населения и федеральных органов об угрозе землетрясений;
- проектирования с учетом современных данных сейсмического районирования разного масштаба и степени детальности;
- последующего антисейсмического строительства такого качества, чтобы построенные объекты выдерживали натиск подземной стихии.

Существующие карты общего сейсмического районирования (ОСР), являющиеся одной из основных составных частей соответствующих СНиП-ов (Сводов правил в современной терминологии) при проектировании зданий и сооружений в сейсмоопасных районах. Карты ОСР определяют вероятность превышения (или не превышения) заданного уровня сейсмических сотрясений на поверхности земли на период в десятки и сотни лет. Однако, для строительства конкретного объекта карт ОСР недостаточно. Необходимо проведение достаточно затратных мероприятий по ДСР (региональный уровень) и СМР (локальный уровень). К сожалению, в отличие от ОСР в России нет четких регламентов для выполнения ДСР и СМР.

В настоящее время многие страны перешли на использование вероятностных карт сейсмического районирования в физических характеристиках. На таких картах, как правило, картируются характеристики, которые далее используются при проектировании непосредственно для задания сейсмических нагрузок (например, пиковые ускорения PGA – проект GSHAP). Дискуссии о пересмотре картируемой величины на картах ОСР, как, впрочем, и методических основ ее расчета, ведутся специалистами уже не первый год. При этом необходимо понимать, что комплект карт ОСР – это элемент нормативной базы по обеспечению сейсмостойкости проектируемых зданий и сооружений. Его кардинальное изменение влечет за собой пересмотр всей цепочки учета сейсмических нагрузок и, как следствие, всей линейки нормативных документов. Для перехода к картированию сейсмической опасности территории Российской Федерации в физических характеристиках сложились все предпосылки [1].

Карты ОСР (ДСР, СМР) необходимы не только для проектирования новостроек, но и для оценки сейсмической устойчивости большого числа зданий и сооружений, построенных десятки лет назад (паспортизация и т.п.). Эти объекты подвергались в процессе своей эксплуатации воздействию сильных землетрясений и, вследствие этого, утратили запас прочности, заложенный при их проектировании. Состояние их сейсмостойкости требует периодического контроля со стороны администрации сейсмоактивных регионов, что, в свою очередь, требует выделения существенных дополнительных финансовых и материальных ресурсов. В Российской Федерации, основываясь на долгосрочных прогнозах академика С.А. Федотова для Камчатки и Курильских островов, принята (середина 2000-х годов) и реализуется программа по сейсмоусилению жилого фонда г. Петропавловск-Камчатский.

Таким образом, мы вплотную подходим к проблеме сейсмостойкого строительства вообще и его качества в частности. Что же мешает качественному строительству. Амбрасейс и Билхам [2] считают, что мировая строительная индустрия – наиболее коррумпированный сегмент мировой экономики. К такому выводу они пришли, проанализировав зависимость числа погибших в разных странах в результате произошедших землетрясений от уровня коррупции и среднего дохода на душу населения. Из всех смертельных исходов землетрясений, связанных с разрушением зданий за три десятилетия (1980-2010), 82.6% приходится на общества, аномально подверженные коррупции. Коррупция убивает!

*Исследования проведены в ходе выполнения программы государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов А.Д., Перетокин С.А., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Акатова К.Н. Общее сейсмическое районирование – от карт ОСР-97 к картам ОСР-2016 и картам нового поколения в параметрах физических характеристик // Вопросы инженерной сейсмологии. 2018, т. 55, № 4, с. 47-68. DOI: 10.21455/VIS2018.4-4
2. Ambraseys N., Bilham R. Corruption kills // Nature. 2011. Vol. 469. Pp. 153-155.

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНЫХ И ЮЖНЫХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ)**

*Ю.И. Инжебейкин*

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, uinzheb@mail.ru

Динамика и эволюция морских экосистем зависит от множества факторов. Многие экологические исследования последствий природных катастроф и масштабных преобразований показывают, что при этом в экосистемной пирамиде шельфовых морей происходят практически необратимые нарушения для первозданной морской природы [1].

Белое и Азовское моря - самые маленькие по площади моря континентального шельфа. Белое море занимает пространство между 68°40' и 63°48' с. ш., и 32°00' и 44°30' в. д. и целиком находится на территории России, тогда как Азовское море, занимая пространство между 45°12'30" и 47°17'30" сев. широты и между 33°38' и 39°18' вост. долготы, находится на территориях России и Украины. Площадь Белого моря равна 90 тыс. км<sup>2</sup>, объем 6 тыс. км<sup>3</sup>, средняя глубина 67 м, наибольшая глубина 350 м. Эти же характеристики для Азовского моря составляют соответственно 39 тыс. км<sup>2</sup>,

290 км<sup>3</sup>, около 7 м и 14.4 м. Наибольшая протяженность Белого моря от м. Канин Нос до Кеми 600 км, а наибольшая ширина между Архангельском и Кандалакшой 450 км [2]. Наибольшая длина Азовского моря от Арабатской стрелки до дельты Дона составляет 380 км, а максимальная ширина с севера на юг между вершинами Темрюкского и Белосарайского заливов – 200 км [3]. Кроме небольшой площади, эти моря имеют и другие общие условия. Оба моря, располагаясь географически на пути движения атмосферных барических образований, характеризуются весьма частыми проявлениями экстремальных гидрометеорологических явлений. К тому же, процесс экономического развития ЕСР и Юга России (и СССР) сопровождался: во-первых, ускоренной эрозией почв вследствие применения нерациональных методов агротехники, а на водосборной площади Белого моря еще - усиленной вырубке лесов; во-вторых, повышением интенсивности процессов загрязнения природных вод. Поскольку устьевые области рек играют большую роль в функционировании экосистемы всего моря (хотя бы значительной ролью проходных и полупроходных рыб в трофической цепи экосистемы), то их можно выделить особо. Устьевые области рек, впадающих в Белое и Азовское моря, отличаются более высокой степенью урбанизации и хозяйственного освоения (например: появление и рост городов Архангельск, Северодвинск, Новодвинск - в устье Сев. Двины; Ростов, Новочеркасск, Азов, Таганрог - в устье Дона) и высоким уровнем загрязнения вод, вследствие более высокой концентрации промышленных предприятий с одной стороны и интегрирования загрязнения со всего бассейна реки с другой.

Когда рассматриваются вопросы по использованию биологических ресурсов или оцениваются пределы техногенной нагрузки на среду при учете последствий или решении даже самой возможности осуществления крупных природохозяйственных мероприятий, мы сталкиваемся с необходимостью определения максимальных нагрузок на экосистему, т. е. пределов устойчивости, превышение которых может привести к "экологической катастрофе" (к разрушению экосистемы). Проблема устойчивости является центральной проблемой экологии [5] вообще и экосистем морей и устьев рек, в частности. Но эта проблема очень трудна и далека от завершения в силу того, что: во-первых, морские экосистемы - одни из чрезвычайно сложных систем, состоящих из множества взаимосвязанных (взаимодействующих) звеньев; во-вторых, процессы, осуществляющие эти взаимодействия, разномасштабны и существенно нелинейны; в-третьих, имеет место недостаточная изученность изменчивости различных масштабов гидрометеорологических, гидрохимических, геоморфологических и гидробиологических процессов вообще, и "не системная" изученность взаимодействия между ними в частности (т.е. отсутствие скоординированных долговременных программ наблюдений за элементами, в силу чего не обеспечивается равная пространственно-временная изученность каждого из элементов, или хотя бы изученность в соответствии с его (какого-то элемента) весовой значимостью в экосистеме) [6]. В этой связи выявление основных факторов и процессов, влияющих на функционирование и устойчивость экосистем Белого и Азовского морей остается весьма актуальной задачей. Оценить устойчивость (или получить критерии устойчивости) той или иной экосистемы без адекватной математической модели ее, по-видимому, на данном этапе не выполнимая задача. Гораздо легче изучение процессов изменчивости и устойчивости отдельных компонентов и связанных с ними последствий в др. компонентах экосистемы, помня, правда, при этом, что:

- система, сложенная из неустойчивых элементов, может оказаться вполне устойчивой (закон конструктивной эмерджентности систем);
- проблема не в том, чтобы сказать «влияет, не влияет», а выявить механизмы этого влияния (как когда-то сказал академик Ю.И. Чернов, при личном общении).

Поскольку окружающая среда все-таки определяет пределы устойчивости и преферендумы отдельных видов биоты, с этой точки можно рассматривать абиотические факторы устойчивости экосистем Белого и Азовского морей. Устойчивость той или иной экосистемы можно также оценивать по поведению или эволюции этой системы после точки бифуркации, в качестве которой с большой натяжкой можно рассматривать какое-то катастрофическое для данной системы событие. Для Азовского моря (точнее его южной части) таким событием можно рассматривать катастрофу судов в Керченском проливе 11 ноября 2007 г., когда в море разлилось значительное количество нефтепродуктов, вследствие чего погибло большое количество водоплавающих и околоводных птиц и был нанесен ущерб и другим составляющим экосистемы моря. В период рассматриваемых катастрофических событий погодные условия характеризовались наличием центра пониженного давления в западной части Черного моря, который смещался в северо-восточном направлении. К 0 ч 11 ноября вся восточная часть Черного моря находилась в теплом секторе этого циклона, в котором юго-восточные и южные ветры силой 10- 15 (местами до 20) м/с вызвали сильное волнение в северо-восточной части Черного моря. При выходе на мелководье с плавным уклоном дна эти волны, трансформируясь, сформировали в северо-восточной прибрежной зоне Черного моря и Керченском проливе очень короткие и крутые волны, самые значительные из которых имели высоту на южной границе пролива 7 м и более [7]. С 3 ч 11 ноября ветер усилился, достигнув к 9 ч 20–25 (в порывах до 32) м/с и сменил направление с юго- восточного и южного на юго-западное. Эти волны в совокупности с сильными течениями и ветром привели к тому, что в проливе потерпели крушение и затонули два танкера и три сухогруза, вследствие чего в море пролилось приблизительно 2 000 т мазута, 45 т горюче-смазочных материалов и 6800 т серы.

Динамика рассчитанного нами переноса мазутного пятна, включая вынос его на побережье и за пределы Керченского пролива, подробно изложена в работе [8]. Здесь лишь заметим, что через сутки после аварии основная часть разлившегося пятна мазута (более 80%) была разнесена по акватории Керченского пролива и оставалась в основном в северном мелководном районе пролива и в Таманском зал. Через 2 суток только 1/3 разлившегося пятна мазута осталась на акватории Керченского пролива, более 1/2 была вынесена волнами на береговую линию и почти 15% – в Азовское море вдоль северного побережья Таманского полуострова. Через 3 суток после аварии 2/3 вылившихся нефтепродуктов (НП) оказались вынесенными на береговую линию, и лишь 15% мазута оставались на акватории Керченского пролива. При этом почти 30% приняла на себя внешняя (по отношению к Таманскому зал.) часть косы Чушки, около 7% – ее внутренняя часть; более 20% вынесено на побережье Таманского зал. от Тамани до пос. Приморского, чуть более – в Азовское море вдоль береговой линии от м. Ахиллеон до м. Пеклы; около 7% попало на побережье Керченского п-ова. Через 2 суток в поверхностном слое в месте катастрофы концентрация НП достигала 2.5 мг/л, составляя 50 ПДК, что в 8 раз выше среднего содержания НП в водах пролива в 1985–1988 гг. [9]. В подповерхностном слое воды концентрация оказалась существенно меньше – 0.22 мг/л, что свидетельствует о значительной неоднородности поля загрязнения. Спустя неделю после аварии наиболее высокая концентрация НП (0.94 мг/л) была обнаружена в придонном слое севернее порта “Кавказ” вблизи отмеченного ранее наблюдателями пятна разлившегося мазута, осевшего на дно. В поверхностном слое на этой же станции содержание НП оказалась в 5 раз ниже и составило 0.20 мг/л. Высокая концентрация (0.41 мг/л) зарегистрирована также в Таманском заливе.

В целом через 6 дней более чем на половине станций в проливе, включая Таманский залив, выявлено загрязнение вод мазутом вследствие аварийного разлива. При этом средняя концентрация НП составила 0.20 мг/л при вариациях от 0.03 до 0.94 мг/л. Обнаружение высоких концентраций НП в придонном горизонте свидетельствует

о существенной загрязненности донных отложений мазутом, вытекшим из потерпевшего крушение танкера. В течение месяца максимальные значения содержания НП упали в 5–10 раз, а средние – в два раза; содержание растворенного в воде кислорода, являющегося косвенным показателем загрязнения вод органическими веществами, уже через 4–5 дней после аварии от поверхности до дна было в пределах нормы. К февралю 2008 г. произошло дальнейшее снижение уровня загрязнения вод НП до фоновых значений (1-2 ПДК) [10]. Этому способствовала, главным образом, высокая гидродинамическая активность вод пролива. Конечно в очистке акватории от НП сыграла также положительную роль водная растительность – макрофиты выполнили функцию естественного сорбента [8], а дальнейшему быстрому восстановлению системы способствовала высокая скорость регенерации фитопланктона (при благоприятных условиях абиоты –солнечная инсоляция, теплая вода, хороший приток минеральных солей течениями и активным вертикальным перемешиванием).

Другим абиотическим фактором устойчивости экосистемы Азовского моря являются сейшевые движения. Сейши в Азовском море с относительно небольшим водообменом с Черным морем, приводя в движение всю массу воды водоема, способствуют аэрации придонных вод и сильно влияют на гидрологический и гидрохимический режимы первого, и, следовательно, на его экологическое состояние. Основным механизмом такого влияния являются течения, имеющие периодический характер, период которых соответствует периоду сейш. При этом сейшевые течения, резко возрастают в районах узлов и в отдельных прибрежных районах, имеют очень высокие скорости. Таким образом, проявления неустойчивости элементов системы (уровней, течений) повышают устойчивость системы. А сейши в бесприливном Азовском море для функционирования его экосистемы весьма важны и эквивалентны приливным течениям для приливного Белого моря. В Белом море очень сильны приливные течения, и в функционировании экосистемы моря роль сейш незначительна. Они вносят определенный вклад в формировании экстремальных уровней редкой повторяемости и, участвуя в создании опасных наводнений или понижений уровня, могут отрицательно повлиять на состояние ихтиопланктона в зонах нереста рыб.

Еще одним фактором, влияющим на функционирование экосистемы Азовского моря является вертикальная стратификация вод, ибо вертикальная устойчивость вод (сформированная распределением температуры или солености) затрудняет вертикальный водообмен и аэрацию нижележащих слоев, способствуя развитию анаэробных процессов. Высокие значения вертикальной устойчивости вод Азовского моря имеют место в основном летом при продолжительных штилях и слабых ветрах [10]. Анаэробные зоны могут формироваться на значительной части акватории моря площадью до 20 тыс. км<sup>2</sup>, вследствие чего происходит гибель придонных и донных организмов, что может повлиять отрицательно на всю экосистему моря [11]. Таким образом, высокая устойчивость элемента системы приводит к неустойчивости самой системы.

Еще одним важным абиотическим фактором, как для Белого моря, так и Азовского является материковый сток. Последний наряду с динамическими процессами влияет на стратификацию вод, но этот показатель для экосистемы Белого моря, в виду сильных приливных движений в последнем, незначителен в отличие от экосистемы Азовского моря.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта Российского фонда фундаментальных исследований №18-05-80010.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Денисов В.В.. Экосистемы и биоресурсы европейских морей России на рубеже XX – XXI веков. Мурманск: изд ММБИ РАН, 1999. 127 с.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. В. 1. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.
3. Геология Азовского моря. К.: Наукова думка, 1974. 246 с.
4. Инжебейкин Ю.И., Лупачев Ю.В.. О взаимодействии реки и моря в устьевых экосистемах Европейского Севера России / Литосфера и гидросфера Европейского Севера России. Изд. УрО РАН, Екатеринбург, 2001.-С. 259-298.
5. Свирижев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. 352 с.
6. Инжебейкин Ю.И. Состояние и проблемы исследований прибрежных экосистем окраинных морей Арктики (Белого, Баренцева). Европейский Север России: прошлое, настоящее, Будущее. Материалы Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня учреждения Архангельского общества изучению Русского Севера. Архангельск. 1999. С. 48-61.
7. Матишов Г.Г., Савицкий Р.М., Инжебейкин Ю.И.. Условия и последствия аварий судов в Керченском проливе во время шторма 11 ноября 2007 г. // Вестн. ЮНЦ РАН. Т. 4. 2008. №3, С. 54–63.
8. Матишов Г.Г., Инжебейкин Ю.И., Савицкий Р.М. Воздействие на среду и биоту аварийного разлива нефти в Керченском проливе в ноябре 2007 г. // Водные ресурсы, 2013, т. 40, №2, с. 1-15.
9. Кленкин А.А., Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Корпакова И.Г. Характеристика нефтяного загрязнения Азовского моря и закономерности его динамики // Вод. ресурсы. Т. 34. 2007. № 6. С. 731-736.
10. Коршенко А.Н., Панова А.И. Динамика нефтяного загрязнения Керченского пролива после аварии танкера 11 ноября 2007 г. Исследования океанов и морей. В. 212. 2009. С. 197-208.
11. Куропаткин А.П. Пространственно-временная структура вертикальной устойчивости вод Азовского моря в летний период. Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты. Изд. КНЦ РАН. 2001. С. 33-43.

## ПРОЕКТ ЗОНДИРОВАНИЯ АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА В 2019 Г. ПО СИГНАЛАМ ГЛОНАСС С БОРТА НИС «ПРОФЕССОР МОЛЧАНОВ» И С ПРИЕМНИКА В БАРЕНЦБУРГЕ

*Д.С. Ковалев<sup>1</sup>, А.В. Тертышников<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, dimkinako@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБУ Институт прикладной геофизики имени академика Е. К. Федорова, г. Москва, atert@mail.ru

Для зондирования полярной ионосферы (области ионосферы, являющейся проекцией плазменного слоя и каспа вдоль силовых линий геомагнитного поля, где наиболее часто наблюдаются полярные сияния ГОСТ 25645.109-84. Магнитосфера Земли. Термины и определения) активно используются сигналы Глобальных навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС [1]. Используемые стационарные приемники сигналов ГНСС объединяются в сети. Авроральный овал – область ионосферы, являющаяся проекцией плазменного слоя и каспа вдоль силовых линий

геомагнитного поля, где наиболее часто наблюдаются полярные сияния. Это важнейший морфологический элемент ионосферы высоких широт, который находится над Северным морским путем.

По сигналам отдельных навигационных КА в спокойных геомагнитных условиях восстанавливались вертикальные разрезы плотности плазмы полярной ионосферы, в которых диагностировалось положение аврорального овала. Во время магнитных бурь авроральный овал смещается в средние широты синхронно с движением границы плазмосферы и максимума внешнего радиационного пояса [1, 2]. В зоне аврорального овала увеличивается повторяемость сбоев и отказов радиотехнических систем и навигационной аппаратуры [3].

Для зондирования аврорального овала по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) предполагалось также использование навигационного приемника ФГБУН ПГИ в Баренцбурге [1].

Сближение навигационного приемника на борту НИС «Профессор Молчанов» с приемником в Баренцбурге в ходе запланированного маршрута АПУ в 2019 г. создает уникальные условия для диагностики стереоэффекта при зондировании полярной ионосферы и аврорального овала.

Предложенная схема зондирования овала проста: с приемника сигналов ГНСС отслеживается прохождение отдельных навигационных космических аппаратов (КА) ГНСС, по траектории которых анализируется изменение ионосферной задержки принимаемых сигналов, проходящих зону овала [1, 3, 4]. Проверка этой схемы проводилась в экспериментах по зондированию северной полярной шапки с АПУ в навигацию 2013-2015 г.г. в Российском секторе Арктики [3]. При этом использовалась технология подвижного пункта зондирования ионосферы по сигналам космических аппаратов КА ГНСС [4, 5]. Исследовалась также морфология ионосферы над магнитным полюсом Земли [3].

В результате обработки данных наблюдений ионосферных задержек сигналов ГНСС было выявлено проявление следов аврорального овала при нахождении экспедиционного судна с навигационным приемником внутри овала [1, 3].

При зондировании полярной ионосферы рассчитывалось ПЭС в подионосферных точках видимых КА ГНСС ГЛОНАСС/GPS. Данные зондирования ионосферных задержек сигналов КА ГНСС ГЛОНАСС/GPS обрабатывались авторским дифференциальным методом зондирования ионосферы и геодвижений [5]. Его валидация ранее проводилась в экспериментах на нагревном стенде "Сура" [7], на Байконуре, в Приэльбрусье.

Для технологии подвижного зондирования ионосферы был разработан программно-аппаратный комплекс обработки полученных с навигационного приемника RINEX-файлов. Его настройка проводилась в течение нескольких месяцев при сравнении с данными модели ионосферы IRI-2011 в ФГБУ ИПГ (Москва). Этот прием калибровки позволил получить оценки аппаратных и инструментальных ошибок по каждому космическому аппарату ГНСС.

Предварительные оценки положения аврорального овала позволяют получить его климатические модели, в соответствии с которыми овал должен проявляться в относительном ПЭС в узком диапазоне широт. Нечеткости подобного представления аврорального овала могут быть связаны с его разрывами в зонах терминатора, в направлении на Солнце, на хвост магнитосферы, когда авроральный овал существенно расширяется.

Для оперативной оценки положения аврорального овала над Арктикой имеется ресурс модели SIMP2, в которой для расчета медианы критической частоты E-слоя авроральной области использована эмпирическая модель, косвенно учтены авроральный источник ионизации атмосферы и солнечный источник ионизации атмосферы, то есть корректируется смещение рассчитанной зоны повышенной

концентрации E-слоя в течение суток в зависимости от положения Солнца. Авроральный источник ионизации атмосферы в SIMP2 задается аналитической моделью, коэффициенты уравнений которой подобраны на основе анализа общих закономерностей высыпаний авроральных электронов и связанных с ними авроральных свечений, данных высокоширотных ионосферных станций и установок некогерентного рассеяния радиоволн Северного полушария. В расчетах используются абсолютные значения исправленной геомагнитной широты в градусах и местного времени в часах, значения исправленных геомагнитных широт приполюсной и экваториальной границ аврорального овала, а также диффузного высыпания электронов. Учтено, что потоки высыпающихся электронов не зависят от уровня солнечной активности, что вполне приемлемо при существующих возможностях их оперативного мониторинга. Поэтому результаты моделирования медианы критической частоты E-слоя авроральной области по модели SIMP2 могут использоваться в качестве основных прогнозных ориентиров в экспериментах по радиопросвечиванию зоны аврорального овала сигналами ГНСС.

Следует отметить, что в рассчитанных по модели SIMP2 полях ПЭС почти не видно аврорального овала! Это физически объяснимо особенностями вертикального распределения электронной концентрации выше E-слоя высокоширотной ионосферы. Однако, как показали морские эксперименты в Арктике в 2011-2015 г.г., следы аврорального овала диагностировались в полном электронном содержании ионосферы (ПЭС в вертикальном столбе) по характеристикам сигналов отдельных КА ГНСС и в восстановленном поле ПЭС [3].

Для экспериментов по зондированию овала по сигналам ГНСС интересны траектории КА ГНСС вдоль узкого сектора долгот, относительно долготы навигационного приемника. Вдоль этих траекторий целесообразно рассматривать изменение ПЭС.

В полученных от владельцев навигационного приемника в Баренцбурге трехчасовому (12-00 до 15-00 28.10.2015 г.) отрезку сырых наблюдений характеристик сигналов ГНСС были рассчитаны траектории видимых КА ГНСС (Рис. 1).

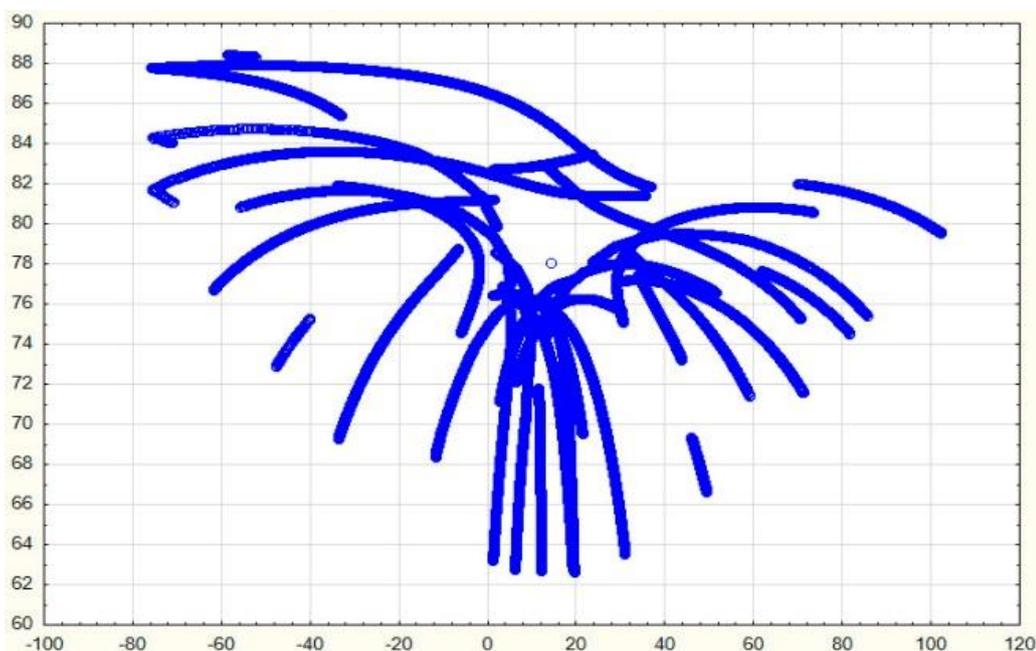
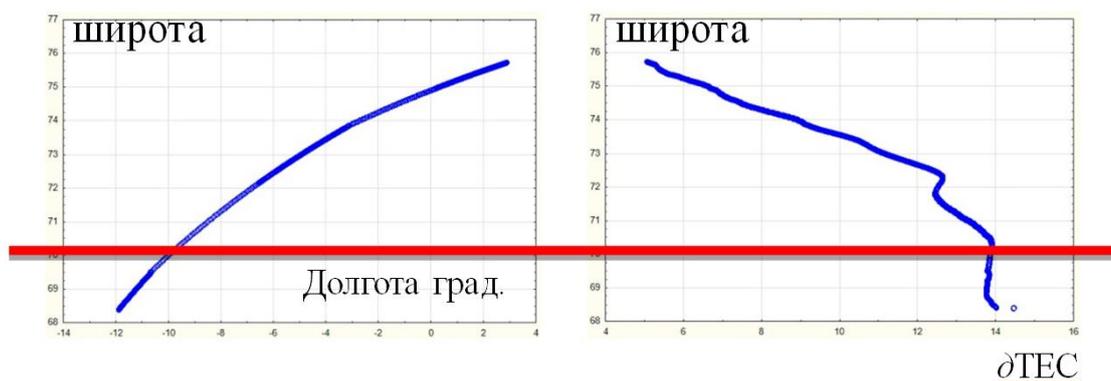


Рис. 1 – Подионосферные проекции траекторий видимых КА ГНСС для приемника в Баренцбурге с 12-00 до 15-00 UTC 28.10.2015 г.



Правый фрагмент – распределение относительного содержания электронов в ионосфере вдоль восходящей траектории КА R05 с 13-51 до 14-24 UTC 28.10.2015 г., левый фрагмент – проекция подионосферных точек восходящей траектории КА R05 с 13-51 до 14-24 UTC 28.10.2015 г. Красная линия – экваториальная граница овала по модели Г.В. Старкова

Рис. 2 – Результаты радиопросвечивания ионосферы с Баренцбурга

В наблюдениях сигналов КА ГНСС в направлении на Солнце увеличивается повторяемость сбоев и шумов. Это известная особенность в функционировании ГНСС, особенно для GPS. Поэтому в исследованиях основное внимание уделялось использованию отечественной системы ГЛОНАСС. Для КА ГЛОНАСС R05 результаты зондирования ионосферы представлены на Рис. 2.

На фоне развитой полуденной ионосферы и в направлении на Солнце авроральный овал выражен слабо. Но соответствие центральной границе по модели Г.В. Старкова хорошее, как и с результатами моделирования E-слоя ионосферы по модели SIMP2 – Рис. 3. В соответствии с положением аврорального овала на Рис. 3 понятно, что результаты зондирования на Рис. 2 пришлись на зону терминатора.

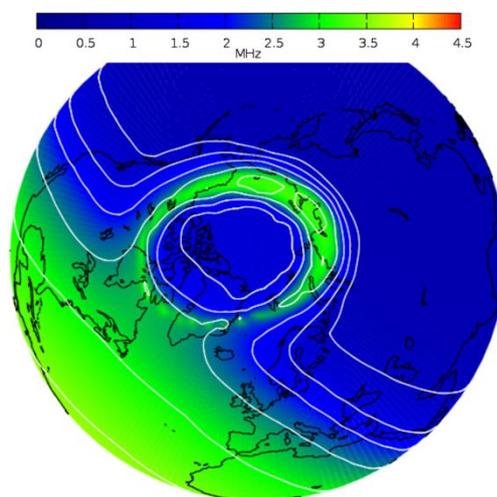


Рис. 3 – Результаты моделирования E-слоя ионосферы по модели SIMP2 на момент 14-35 UTC 28.10.2015 г.

По сигналам ГНСС с навигационного приемника в Баренцбурге проведено радиопросвечивание аврорального овала. Полученные результаты использованы при подготовке к эксперименту по зондированию аврорального овала с Баренцбурга и с АПУ в навигацию 2019 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тертышников А.В. Способ определения положения аврорального овала и состояния магнитного поля Земли. Решение РОСПАТЕНТа от 19.07.2016 г. о выдаче патента на изобретение по заявке № 2015126532/28(041268) от 02.07.2015 г.
2. Jiang H., Liu J., Wang Z., An J., Ou J., Liu S., Wang N. Assessment of spatial and temporal TEC variations derived from ionospheric models over the polar regions <https://link.springer.com/article/10.1007/s00190-018-1175-6>. / Journal of Geodesy, Volume 93, Issue 4, pp 455–471.
3. Тертышников А.В., Чукин В.В., Глухов Я.В., Ковалев Д.С. Эксперименты по исследованию ионосферы с Арктического плавучего университета // Ученые записки РГГМУ. 2016. № 41. С.156-164.
4. Тертышников А.В. Технология зондирования положения ионосферного овала и морфологии высокоширотной ионосферы по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем. // Гелиогеофизические исследования, 2015 (<http://vestnik.geospace.ru/index.php?id=304>).
5. Тертышников А.В., Пулинец С.А. Способ зондирования ионосферы, тропосферы, геодвижений и комплекс для его реализации/ Патент, заявка № 2011128236 от 07.07.2011 на получение патента РФ на изобретение. Бюллетень Изобретения. 2013, № 4. Решение о выдаче патента РФ на изобретение от 01.02.2013.
6. 60-я Российская антарктическая экспедиция 2014-2015 гг. / [https://www.glonass-iac.ru/aboutIAC/the\\_south\\_sea\\_route\\_in\\_2014\\_real\\_time.php](https://www.glonass-iac.ru/aboutIAC/the_south_sea_route_in_2014_real_time.php).
7. Тертышников А.В., Суровцева И.В., Фролов В.Л., Смирнов В.М. Оценивание восстановленных по сигналам НКА ГЛОНАСС/GPS профилей электронной концентрации в ионосфере / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - Москва: ИКИ РАН, 2010, Т. 3. С. 115-119.

## УТОЧНЕННЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ БЕЛОГО МОРЯ, ВКЛЮЧАЯ КАРЕЛЬСКИЙ РЕГИОН, ЗА 2005 – 2016 ГГ.

*Я.В. Конечная<sup>1,2</sup>, А.Н. Морозов<sup>2,1</sup>, И.А. Зуева<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [yanakon@mail.ru](mailto:yanakon@mail.ru), [morozovalexey@yandex.ru](mailto:morozovalexey@yandex.ru)

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба РАН, г. Архангельск, г. Обнинск, [yanakon@mail.ru](mailto:yanakon@mail.ru), [morozovalexey@yandex.ru](mailto:morozovalexey@yandex.ru)

<sup>3</sup>Институт геологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», г. Петрозаводск, [ek29wa@mail.ru](mailto:ek29wa@mail.ru)

Беломорский регион, включающий в себя акваторию Белого моря и окружающую территорию (к которой относится и территория Республики Карелия), принадлежат к одному из наиболее раздробленных, подвижных и активных районов в пределах всей Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Отчетливые следы палеоземлетрясений встречены во всех основных частях Беломорского региона – в Кандалакшском заливе, в Двинском заливе, в Онежском заливе, а также в районе Горла Белого моря [1]. Данные за исторический и инструментальный периоды наблюдений указывают на повышенную сейсмическую активность западной части региона, особенно в районе Кандалакшского грабена, главной активной структуры Белого моря

[2, 3]. Определенный интерес представляют и прилегающие территории суши, на которых ведется активная добыча полезных ископаемых.

С развитием в 2000-х годах сейсмических сетей на территории Карелии [4] и Архангельской области [5], Беломорский регион имеет наибольшую плотность сейсмометрических наблюдений с 2004 года. Кроме того, события из рассматриваемого региона фиксируются станциями Финляндии, Швеции, Норвегии и данные о них содержатся в каталогах зарубежных сейсмологических служб. Однако до настоящего времени совместная обработка имеющихся данных сейсмических станций не проводилась. Т.о. актуальным стал вопрос совместной обработки всех доступных сейсмологических данных. Это позволяет определять параметры гипоцентров землетрясений на основе данных сейсмических станций, расположенных в широком азимутальном створе и диапазоне эпицентральных расстояний и получать высокую точность локаций гипоцентров землетрясений. Кроме того, для части территории Беломорского региона такие исследования уже были успешно проведены [6], а сейчас дополнены данными западной части Беломорского региона – территория Республики Карелия, которая характеризуется сейсмичностью Фенноскандинавского щита [4]. Границы исследуемого района показаны на Рис. 1.

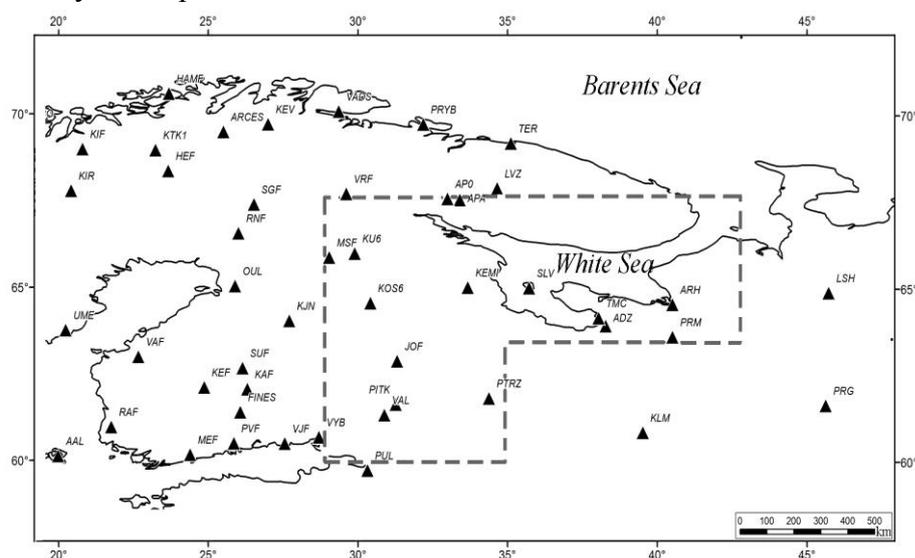


Рис. 1 – Сейсмические станции Финляндии, Швеции, Норвегии и России, использованные при создании уточненного каталога. Пунктирная линия – район исследования

Получение уточненного каталога проводилось в несколько этапов.

*1 этап.* На основе данных Института сейсмологии Университета города Хельсинки (Финляндия) [7] был составлен предварительный каталог землетрясений в Беломорском регионе за период с 2005 по 2016 гг. Преимуществом каталога [7] является не только наличие низкомagnitude событий, но отметка о предполагаемой природе события (землетрясение или взрыв), что позволило на первом этапе исключить попадание карьерных взрывов в формируемые бюллетени. Выборка событий осуществлялась в пределах рассматриваемого района (Рис. 1). За 2005–2016 гг. в предварительный каталог были выбраны 66 землетрясений с magnitudами  $M_L(HE)$  от 0.4 до 2.4. Причем, всего три землетрясения имеют magnitude больше значения 2.0. Что еще раз подтверждает взгляды современных исследователей о преимущественно слабой сейсмичности региона [2, 3, 4].

*2 этап.* Для каждого землетрясения из предварительного каталога составлялся сводный бюллетень с временами вступлений сейсмических фаз. Бюллетени составлялись на основе данных сейсмических станций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН (код сети АН),

Геологического института Карельского научного Центра РАН, Центрального отделения Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (код сети OBGSR), Института сейсмологии Университета города Хельсинки (Финляндия, код сети HE), Геофизической обсерватории Соданкюля Университета г. Оулу (Финляндия, код сети FN), агентства NORSAR (Норвегия, код сети NO), Норвежской национальной сейсмической сети (Университет г. Бергена, Норвегия, код сети NS). Стоит отметить, что данные отечественных станций (сети АН, ГИ КарНЦ РАН, ФИЦ ЕГС РАН) дополнены для 34 событий из предварительного каталога. Расположение сейсмических станций, данные которых фигурируют в бюллетенях и будут приняты в дальнейшей обработке, показано на Рис 1.

*3 этап.* Поскольку в исследуемом регионе активно ведется добыча полезных ископаемых открытым способом в карьерах, то дополнительно были проведены исследования по определению природы событий из предварительного каталога. Все события были проверены с помощью критерия распознавания [8], разработанного в Кольском филиале ФИЦ ЕГС РАН. В итоге из списка были исключены 3 события, определённые как взрывы. Окончательный каталог с переопределёнными гипоцентрами содержит 63 землетрясения.

*4 этап.* Переопределение параметров гипоцентров на основе сводных бюллетеней производилось методом Generalized beamforming [9] в усовершенствованном виде, реализованном в программе NAS [9]. Алгоритм расчета гипоцентров подробно описан в [10]. В предыдущих исследованиях [6] было показано, что применение усовершенствованного алгоритма, реализованного в программе NAS, в совокупности со скоростной моделью BARENTS, дают достаточно точные параметры гипоцентров и позволяют применять данную методику для пересчета всех последующих землетрясений в Беломорском регионе. Полученное переопределение гипоцентров кардинально не отличаются от данных каталога Института сейсмологии Хельсинки, несмотря на обширное использование дополнительных данных.

Результатом проведенного исследования является создание уточненного каталога и построение карты современной сейсмичности (Рис. 2).

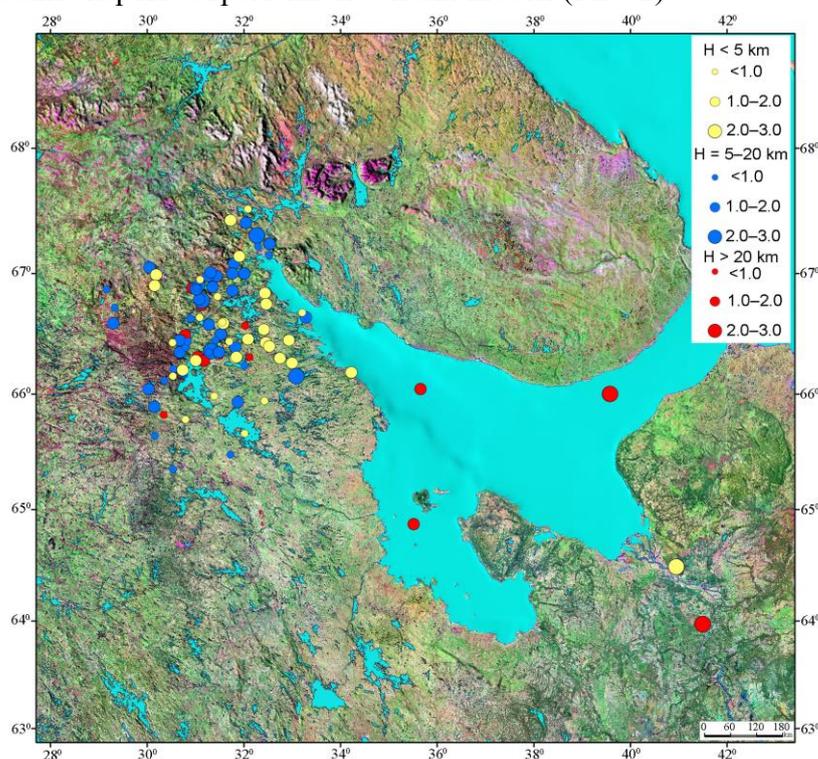


Рис. 2 – Карта уточненных эпицентров землетрясений для района Белого моря и Карелии за 2005-2016 гг.

Анализ карты Рис. 2 показывает, что большинство землетрясений сосредоточено в северно-западной части обозначенного района, на континентальной части территории Карелии. Современная сейсмичность Беломорского региона проявляется в виде землетрясений небольшой магнитуды. Распределение эпицентров зарегистрированных землетрясений вполне соответствует закономерностям, выявленным ранее в работах [1, 3], а именно повышенная сейсмическая активность западной части бассейна и слабая активность восточной и центральной частей (Рис. 2). Полученные значения глубин свидетельствуют о наличии коровых землетрясений, а в классификации сейсмических событий по глубинам относятся к мелкофокусным. Для большинства землетрясений в Беломорском регионе характерны значения глубин очагов до 20 км. Для трёх землетрясений, эпицентры которых расположены непосредственно в акватории Белого моря, и шести землетрясений в Карелии значения глубины более 20 км. Землетрясение с глубиной более 20 км зафиксировано также на территории Архангельской области в 2013 году.

В восточной части региона зарегистрировано два землетрясения в Беломорско-Двинском районе в 2005 и 2013 гг. и одно – в районе пролива Горло в 2006 г. Все землетрясения имеют магнитуду  $M_L(HE)$  больше 2.0, что выделяет их среди остальных землетрясений. Факт возникновения землетрясения 2005 г., если его рассматривать совместно со сведениями о землетрясениях 1847 и 1935 гг., а также с землетрясениями 1970 и 1975 гг. [2], может указывать на сейсмическую активность Беломорско-Двинского района. Эпицентр землетрясения 2013 г. приурочен к разлому, ограничивающему Архангельский выступ и Онежско-Кандалакшский палеорифт. Эпицентр землетрясения 2006 г. в проливе Горло практически совпадает с эпицентром исторического землетрясения 1912 г. [2]. В центральной части Беломорского региона слабые землетрясения за последние десять лет не зарегистрированы, как и за весь инструментальный период [3].

В западной части Беломорского региона (Рис. 2) большая часть эпицентров слабых событий (22 события) в 2005–2016 гг. располагается не в пределах Кандалакшского грабена, а на суше к западу и юго-западу от него, и гипоцентры располагаются на глубине до 5 и до 20 км. В пределах акватории залива, т.е. самого Кандалакшского грабена, и только на его юго-западном борту, зафиксировано только четыре события, также с верхнекоровыми очагами и на больших расстояниях друг от друга.

Полученный уточненный каталог является важной частью работы, проводимой по уточнению современной сейсмичности севера ВЕП и должен войти в единый сейсмический каталог землетрясений ВЕП нового поколения, объединяющего землетрясения за исторический и инструментальный периоды.

*Авторы благодарят сотрудников ФИЦ ЕГС РАН за консультации и поддержку исследования - к.ф.-м.н. Асминга Владимира Эрнестовича, к.ф.-м.н. Ассиновскую Бэлу Александровну - за предоставленные данные сейсмических станций.*

*Исследования по уточнению параметров гипоцентров землетрясений проведены в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-35-00021 и частично при поддержке темы НИР лаборатории сейсмологии, № госрегистрации АААА-А18-118012490072-7).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никонов А.А., Шварева С.В. Голоценовая тектоническая активность и сейсмичность Беломорского бассейна // Тезисы доклада на заседании Палеосейсмологического семинара ИФЗ РАН от 16 декабря 2013 г. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.ifz.ru/fundamental/tektonicheskaja-aktivnost-belomorskogo-basseina/> (дата обращения: 21.01.2019).

2. Никонов А.А. Исторические землетрясения // Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Под ред. Н.В. Шарова. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. С. 192–213.
3. Ассиновская Б.А. Инструментальные данные о землетрясениях Карельского региона // Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Под ред. Н.В. Шарова. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. С. 213–229.
4. Шаров Н.В., Бекетова Е.Б., Матвеева Т.С., Федоренко Ю.В., Филатов П.В., Екимова И.А. Сейсмичность Карелии // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. Кн.1: Землетрясения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. С. 193–207.
5. Юдахин Ф.Н., Французова В.И. О необходимости создания сети сейсмического мониторинга в северных регионах России // Екатеринбург: Журнал «Вестник УрО РАН». 2006. № 2 (16). С. 25–35.
6. Морозов А.Н., Ваганова Н.В., Асминг В.Э., Никонов А.А., Шаров Н.В., Конечная Я.В., Михайлова Я.А., Евтюгина З.А. Современная сейсмичность Беломорского региона // Вулканология и сейсмология. № 1. 2019. С. 36-51.
7. Institute of Seismology (University of Helsinki) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seismo.helsinki.fi/bulletin/list/norBull.html> (дата обращения: 21.01.2019).
8. Asming V.E., Kremenetskaya E.O. Study of applicability of P/S ratio criterion for discrimination of regional earthquakes and explosions in North-Western area, observed characteristics of regional seismic phases and implications for P/S discrimination in the European Arctic // Pure Appl. Geophys. 2002. V. 159(4). P. 701–719.
9. Ringdal F., Kværna T. A multi-channel processing approach to real time network detection, phase association, and threshold monitoring // Bulletin of the Seismological Society of America, 1989. Volume 79 (6). pp. 1927–1940.
10. Асминг В.Э., Федоров А.В., Прокудина А.В., Евтюгина З.А. Автоматическая система мониторинга региональной сейсмичности NSDL. Принципы построения и некоторые результаты использования // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Матер. XII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 33–36.

## СЕЙСМИЧНОСТЬ АРКТИКИ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

*А.Н. Морозов<sup>1,2</sup>, Н.В. Ваганова<sup>2</sup>, Е.В. Шахова<sup>2</sup>, Я.В. Конечная<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН», г. Обнинск, [morozovalexey@yandex.ru](mailto:morozovalexey@yandex.ru)

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [nvag@yandex.ru](mailto:nvag@yandex.ru)

В основе исследований по сейсмической опасности любой территории лежит сейсмический каталог, по данным которого вычисляются параметры сейсмического режима. Наиболее значимы в каталогах сильнейшие землетрясения, которые и определяют сейсмический потенциал выявленных зон ВОЗ (возможных очагов землетрясений). Сильнейшие землетрясения имеют большой период повторяемости, поэтому для оценки сейсмической опасности территории создают сводный

сейсмический каталог землетрясений, произошедших за исторический и инструментальный периоды, а также включают данные о палеоземлетрясениях. Для Арктического региона информация об исторических и палеоземлетрясениях недоступна, поэтому большую роль играют землетрясения, зарегистрированные за инструментальный период.

Развитие инструментальных наблюдений в Европе в конце XIX и начале XX века, особенно с открытием сейсмических станций Bergen (1904), Abisco (1906), Pulkovo (1906) и Reykjavik (1909), позволило инструментально регистрировать колебания от отдельных наиболее сильнейших землетрясений в Арктике. Значение представительной магнитуды на раннем этапе инструментальных наблюдений для Арктики, вплоть до 1957 года, было равным 5.5 – 6.0 [1]. Первые обобщения о сейсмичности Арктического региона можно найти в работах [2-6]. Однако параметры очагов землетрясений в сейсмических каталогах, опубликованных исследователями в первой половине XX века, которые используются до сих пор, основаны на данных бюллетеней лишь части сейсмических станций, функционирующих в тот период, и на приблизительных представлениях о закономерностях распространения сейсмических волн в недрах Земли.

В настоящее время благодаря проектам the ISC-GEM (International Seismological Centre–Global Earthquake Model) и EuroSeismos у исследователей появилась возможность изучать бюллетени и сейсмограммы сейсмических станций, функционировавших с начала инструментального периода. Это позволяет оценивать параметры очагов землетрясений на основе инструментальных данных, в то время как ещё совсем недавно параметры некоторых из них оценивались только по макросейсмическим данным. В рамках нашего исследования мы обобщили данные о землетрясениях, зарегистрированных в Арктике за период с 1904 по 1919 гг. из разных источников и провели уточнение их параметров очагов с использованием единой скоростной модели *aka135*, единого алгоритма расчета параметров гипоцентра (программа NAS [7]) и всех доступных бюллетеней сейсмических станций.

На основе данных [2-6] с 1917 по 1919 и каталога ISC-GEM [8] составлен предварительный каталог землетрясений за период с 1904 по 1919 года, эпицентры которых располагаются выше 70° с.ш. Всего в составленном предварительном каталоге присутствуют 25 землетрясений, большинство из которых представлено в разных источниках с разными параметрами очага. Практически все эпицентры землетрясений располагаются в Евразийской Арктике. Большинство эпицентров приурочено к срединно-арктическим хребтам.

Начало инструментального периода в Арктическом регионе можно отсчитывать с регистрации землетрясения 9 октября 1904 г (Рис. 1). За первые два десятилетия XX века в Арктическом регионе было зарегистрировано большое количество сильных землетрясений, которые имеют большое значение как для понимания общих закономерностей сейсмического процесса в Арктике, так и для задачи оценки сейсмической опасности. В период с 1904 по 1911 года сейсмическими станциями мировой сети в Арктическом регионе регистрировались землетрясения с магнитудами от 6.0. После 1912 года, уже регистрировать землетрясения с магнитудами от 5.0. Можно считать эти значения магнитуд как значения представительной магнитуды мировой сети для данного региона.

После процедуры уточнения эллипсы ошибок большинства землетрясений имеют большую площадь из-за узкого азимутального створа и удаленности сейсмических станций, что неизбежно для Арктического региона в тот период времени. Однако это не мешает однозначно отнести их эпицентры к определенным сейсмоактивным зонам. Большинство землетрясений приурочено к основным сейсмоактивным зонам Арктики – срединно-океаническим хребтам, архипелагу Шпицберген, шельфу моря Лаптевых. Но среди них есть «необычное» землетрясение,

это землетрясение 14 октября 1908 г., с магнитудой  $M_w(ISC)=6.6$ . Это землетрясение произошло на шельфе Баренцева моря в районе зоны перехода «континент-океан», севернее архипелага Земля Франца-Иосифа. Этот факт, с привлечением данных по другим землетрясениям за весь инструментальный период, требует отдельного геодинамического обоснования.

Обратная ситуация произошла с событием, произошедшим 13 апреля 1912 г. с магнитудой  $M_S=5.1$ . В некоторых работах эпицентр этого события располагался в районе архипелага Северная Земля. Однако после уточнения, эпицентр сместился на север в район хребта Гаккеля.

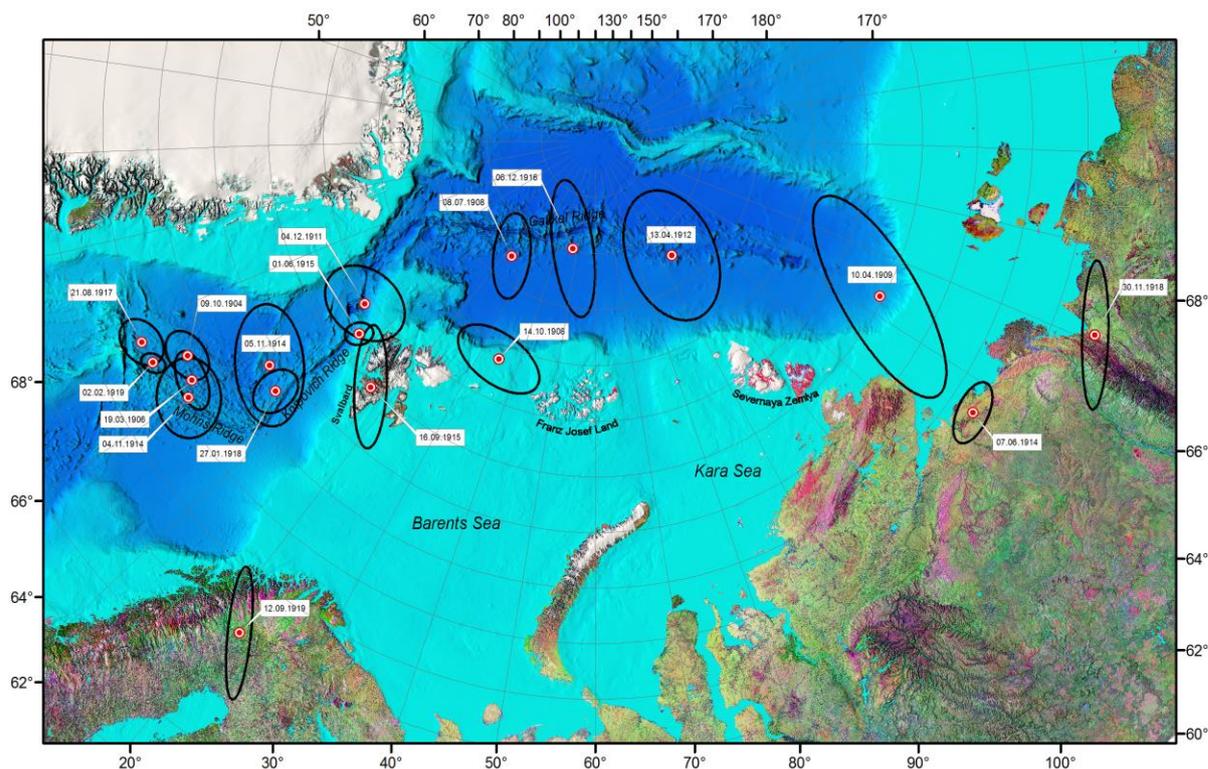


Рис. 1 – Карта уточненных эпицентров землетрясений Арктики за период с 1904 по 1919 гг.

Для 7 землетрясений из 25 не удалось обнаружить вступления на доступных бюллетенях сейсмических станций. Поэтому остаётся открытым вопрос, действительно ли они имели место быть в Арктическом регионе? Эти землетрясения требуют дополнительного изучения, но уже не по бюллетеням, а по записям сейсмических станций.

Таким образом, представленные результаты расширяют наши знания о сейсмичности Арктики. Регистрация каждого землетрясения из Арктики в начале XX века является уникальным событием, т.к. только землетрясения инструментального периода, при отсутствии данных о палео- и исторических землетрясениях, позволяют нам изучать основные закономерности сейсмического процесса в Арктике.

*Исследования по уточнению параметров гипоцентров землетрясений проведены в ходе выполнения темы НИР лаборатории сейсмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН № гос. регистрации: АААА-А18-118012490072-7.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб., 1996. 186 с.

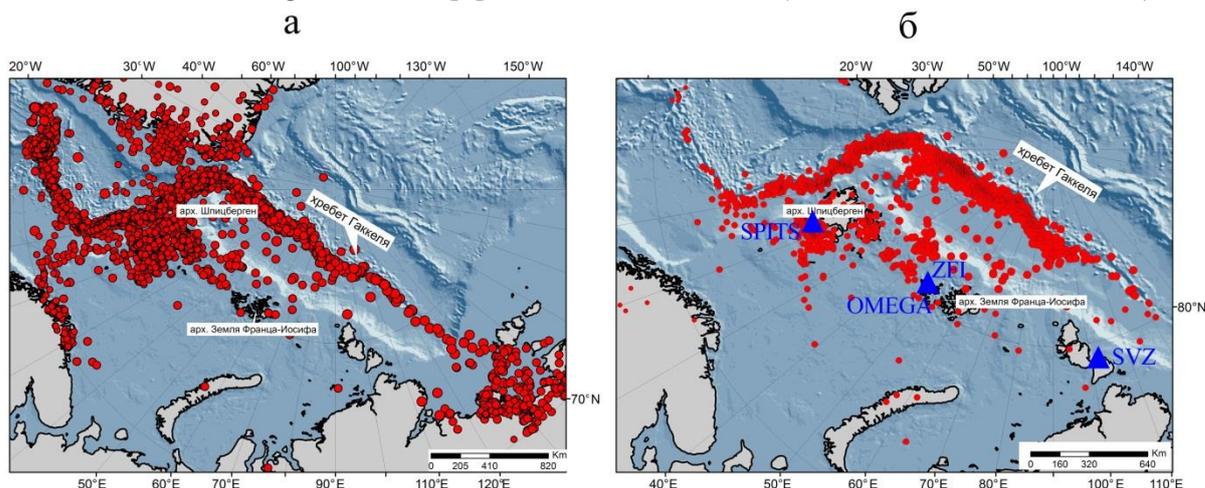
2. Tams E. Die seismischen Verhältnisse des europäischen Nordmeer. zentralblatt f. Mineralogie, Geologie und Palaentologie, Jahrg. 1922. No 13, pp. 385-397
3. Hodgson E. A. The Seismicity of the Arctic. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. 1930. 24, 201-210.
4. Gutenberg B., Richter C. F. Seismicity of the Earth. 1941. 126 pp.
5. Emery K.O. Topography and Sediments of the Arctic Basin. The Journal of Geology. 1949. 57(5). 512-521.
6. Линден Н. А. О карте сейсмичности Арктики // Сейсмические и гляциологические исследования в период МГГ. 1959. С. 7.
7. Asming V., Prokudina A. System for automatic detection and location of seismic events for arbitrary seismic station configuration NSDL //ESC. 2016. Т. 373. С. 2016.
8. Storchak D. A. et al. Public release of the ISC–GEM global instrumental earthquake catalogue (1900–2009) //Seismological Research Letters. – 2013. – Т. 84. – №. 5. – С. 810-815.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОСТИ В РЕГИСТРАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ НА АРХ. ШПИЦБЕРГЕН

*Е.Р. Морозова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, morozova\_er@fciarctic.ru

Сейсмические наблюдения в Арктике ведут страны, в основном, имеющие на прилежащих территориях выход к арктическим морям и СЛО (Россия, Норвегия, Швеция, Финляндия, Дания, Канада, США). Мониторинг Евро-арктического региона обеспечивают международные станции, расположенные на островных арктических территориях – архипелаги Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, о. Гренландия. Результат их работы отображен в каталоге международного центра International Seismological Center [1] и показан на Рис. 1а (за 5 лет с 2012 по 2016 гг.).



а – по данным ISC за 2012 – 2016 гг. [1]; б – по данным ACC за 2012 – 2017 гг.

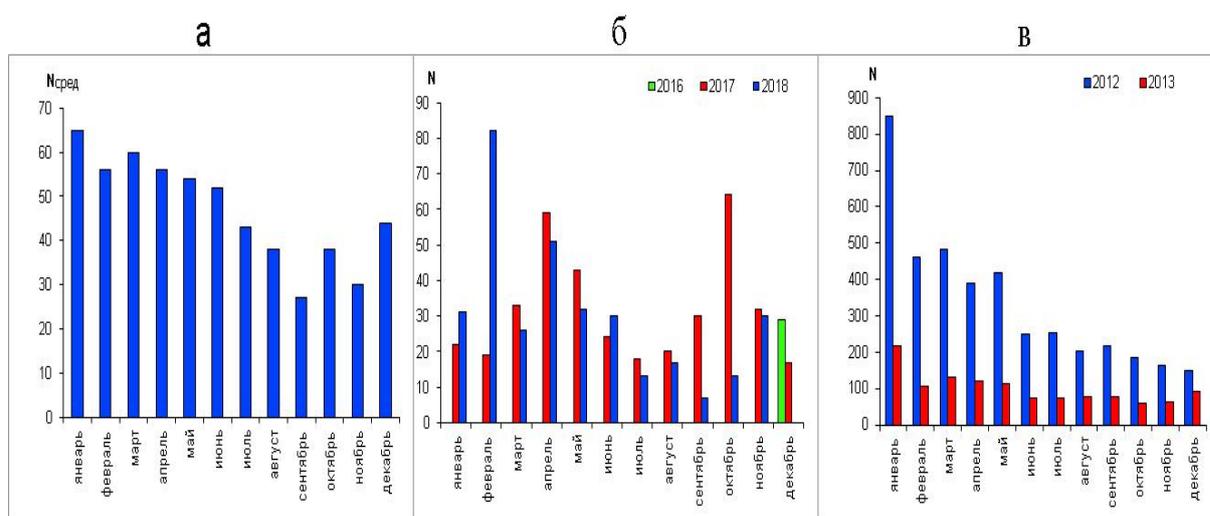
Рис. 1 – Пространственное распределение землетрясений

Пространственное распределение землетрясений (Рис. 1а), содержащихся в каталоге ISC [1], показывает, что большинство эпицентров относится к хребтам Гаккеля, Книповича, Мона, арх. Шпицберген. Ежегодно центром ISC обрабатывается более 2000 землетрясений в Евро-Арктическом регионе. Сильных землетрясений (с

магнитудой  $M \geq 5.0$ ) фиксируется до 10 шт. в год. Все землетрясения являются коровыми, т.е. имеют глубину до границы Мохоровичича ( $h=33$  км).

В составе Архангельской сейсмической сети (АСС) в Арктике работают станции «Земля Франца-Иосифа» (с/с ZFI), «Омега» (с/с OMEGA) и «Северная Земля» (с/с SVZ) (Рис. 2б). На Рис. 2б приведено пространственное распределение землетрясений по данным каталога АСС [2] за 2012 – 2017 гг. Ежегодно он содержит данные о 200–500 землетрясениях. Очевидно, что Архангельская сеть на данный момент не может охватить всю территорию Евро-Арктического, но вносит значительный вклад в мониторинг сейсмичности вблизи архипелагов Земля Франца-Иосифа, Северная Земля и Новая Земля. Стоит отметить, что с конца 2011 года данные АСС передаются в международный центр ISC и включены в сводную обработку.

При обработке сейсмических записей станций ZFI и SVZ была отмечена особенность – в летне-осенний период наблюдается уменьшение числа зарегистрированных региональных землетрясений по сравнению с зимним периодом [3, 4] (Рис. 2а,б).



а – среднее число по ZFI; б – число за 2017 – 2018 гг. по SVZ; в – число по SPITS за 2012 г.

Рис. 2 – Распределение числа регистрируемых землетрясений

Основной причиной данной особенности на станциях ZFI и SVZ является увеличение микросейсмического фона в летне-осенние месяцы [4]. Увеличение фона, в свою очередь, может быть обусловлено различными внешними факторами: возрастание техногенной нагрузки на среду вблизи станций (активная хозяйственная деятельность, строительство, работа оборудования и т.д.); вскрытие прибрежных льдов и глобальное влияние штормов СЛЮ; частичное оттаивание вечной мерзлоты, таяние снежного покрова в месте установки станции [4] с одновременным увеличением ветровой нагрузки. Частично может влиять проведение технических работ по обслуживанию станции в летние месяцы. Работа станции временно приостанавливается и, соответственно, землетрясения перестают регистрироваться.

На арх. Шпицберген с 1992 в составе норвежского сейсмологического агентства NORSAR функционирует сейсмическая группа SPITS [5]. Поскольку аппаратура группы SPITS расположена подобно станциям ZFI и SVZ – на островных территориях Арктики, актуальным представляется дополнить исследования анализом исходных данных SPITS. Кроме того, существуют исследования явления сезонности в регистрации сейсмических событий, показывающие, что сезонность регистрации

проявляется в области низких магнитуд ( $M_L < 2.2$ ) и связана с ледниковыми событиями на о. Западный Шпицберген [6].

Аналогично станциям ZFI, SVZ проанализированы исходные данные SPITS за 2012 и 2013 гг. и зафиксированы все региональные землетрясения, исключая ледниковые события. Построенная диаграмма показала (Рис. 2в), что сезонности в регистрации землетрясений на станции SPITS не отмечается. Землетрясения регистрируются в целом равномерно, за исключением января, что, возможно, связано с активизацией сейсмичности в районе арх. Шпицберген. Это подтверждается и исследованиями [6], где отмечено, что события более высоких магнитуд ( $M_L > 2.4$ ) не имеют сезонности в регистрации.

Равномерная регистрация станцией SPITS, возможно, объясняется лучшими условиями установки аппаратуры – датчики заглублены на 1-2 метра, в отличие от станций ZFI и SVZ. Принципы и проблемы установки станций АСС подробно описаны в [7]. Заглубление чувствительных датчиков позволяет избежать влияния негативных внешних факторов и обеспечивает устойчивый уровень микросейсмического фона. Дальнейшее накопление данных по станции SPITS и анализ условий установки аппаратуры позволят выявить причины сезонности в регистрации землетрясений на с/с ZFI и SVZ.

*Научные руководители исследования – д.т.н. Антоновская Галина Николаевна и к.т.н. Конечная Яна Викторовна.*

*Исследования проведены частично в ходе выполнения темы НИР лаборатории сейсмологии, № госрегистрации АААА-А18-118012490072-7 и проекта РФФИ 18-05-70018.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Seismological Centre [Электронный ресурс] Режим доступа: – <http://www.isc.ac.uk/> (дата обращения 19.05.2019).
2. Уникальная научная установка «Архангельская сейсмическая сеть» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://fciarctic.ru/index.php?page=geoss> (дата обращения 19.05.2019).
3. Антоновская Г.Н., Ковалев С.М., Конечная Я.В., Смирнов В.Н., Данилов А.В. Новые сведения о сейсмичности Российской Арктики по данным пункта сейсмических наблюдений «Северная Земля» // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т.64. №2. С. 170–181.
4. Французова В.И., Иванова Е.В., Конечная Я.В. Сезонные вариации в регистрации сейсмических событий заполярными станциями Архангельской сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы / Отв. Редактор А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 332-335.
5. International Registry of Seismograph Stations [Электронный ресурс] Режим доступа: – <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/stations?stacode=SPITS> (дата обращения 19.05.2019).
6. Асминг В.Е., Баранов С.В., Виноградов А.Н., Виноградов Ю.А. Сезонный характер сейсмичности в районе архипелага Шпицберген // Вестник МГТУ, том 12, №4, 2009 г. стр.571-575.
7. Данилов А.В., Антоновская Г.Н., Конечная Я.В. Особенности установки пунктов регистрации сейсмических событий в Арктическом регионе России // Сейсмические приборы. 2013. Т.49, № 3. С. 5–24.

## ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА АРХ. НОВАЯ ЗЕМЛЯ (ОСТРОВ ЮЖНЫЙ)

*Д.С. Никитин*

Геологический институт Российской Академии наук, г. Москва, ndsnomination@mail.ru

В последние несколько лет ряд правительственных постановлений был направлен на создание реальных условий для выполнения государственной программы по социально-экономическому развитию Арктической зоны России. Одним из важных разделов этой программы значилось формирование опорных зон развития в Арктике, что неизбежно приведет к увеличению площади доступных для освоения территорий. В связи с этим увеличилась и доступная ресурсная база полезных ископаемых. Также появилась возможность и для уникальных научных исследований, не проводимых ранее.

Наряду с разработкой нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева моря в районе архипелага Новая Земля, идет освоение Павловского свинцово-цинкового серебросодержащего месторождения на острове Южный (для нужд госкорпорации «Росатом»). Месторождение «Павловское» занимает пятое место в России по запасам цинка и свинца. Оно открыто в 2001 году. Минерально-сырьевая база месторождения позволит организовать одно из крупнейших перерабатывающих предприятий в России. Сейчас по данным [1].

В 2014 году в рамках проекта ЗАО «РУСБУРМАШ на месторождении Павловское в пределах Безымянского рудного узла начались первые масштабные гидрогеологические работы. Было пробурено 9 «сверхглубоких» гидрогеологических скважин, на которых были проведены термометрические и опытно-фильтрационные работы [2].

Для термометрических исследований использовался скважинный прибор КСКА-10. Температуры измерялись сразу же после закрытия скважин. Термокаротаж выполнялся при спуске скважинного термометра со скоростью не более 100 м/час. Контроль показаний термокаротажа осуществлялся при подъеме после проведения основного каротажа в полном объеме. Погрешность измерений температуры электротермометром определялась путем сравнения его с показаниями ртутного термометра. Абсолютное значение расхождений при сравнении не превышало  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

По всем скважинам ниже интервала глубин 40-70 м были получены отрицательные температуры. Исключением являлась скважина СГ-1, но повторная термометрия, проведенная через три дня, также показала мерзлые породы на глубине более 30 м. Единственной скважиной, вскрывшей подмерзлотные воды, была скважина СГ-5, которая имела глубину 493,1 м. Подошву мерзлоты, определяемую по термокаротажу, она вскрыла на глубине 250 м.

Как показал опыт повторных замеров в скважине СГ-1, температура в ней уменьшается во времени, вплоть до полного замерзания скважины. Это связано с тем, что за счет экзотермического эффекта при бурении скважины и постоянной циркуляции бурового раствора температура в прискважинной зоне увеличивалась до положительных температур. После окончания бурения температура постепенно возвращается к естественному температурному фону, который на данной территории является отрицательным. Естественно, измерение отрицательных температур ниже  $-2^{\circ}\text{C}$  -  $-3^{\circ}\text{C}$  в скважине невозможна даже при закачке рассола, так как ствол скважины замерзает. Поэтому термокаротаж, проведенный сразу после бурения, фиксирует завышенные температуры и дает лишь общие представления о температурном поле и его изменении с глубиной.

Учитывая недостатки термокаротажа, три скважины были специально оборудованы под длительные термические наблюдения с помощью «термокос». Эти

скважины (СГ-4, СГ-6, СГ-9) обсаживались 250-метровой герметичной сухой колонной для проведения инженерно-геокриологических исследований.

Наблюдения за температурой по термокосам в скважинах СГ-4, СГ-6, СГ-9 продолжались от 7 до 21 дня. За это время было произведено два-три замера на разные даты. В результате были достигнуты температуры, близкие к природному фону. Обработав результаты наблюдений по термокосам, удалось получить обобщенную схему мерзлотных условий Павловского месторождения (Рис. 1). Прослеживается четкий геотемпературный градиент, который с достаточной точностью можно оценить, как 20 мК/м. Температуру на глубине более 50-100 м можно примерно рассчитать, учитывая полученный геотемпературный градиент и принимая температуру на поверхности земли равной -5 - -6°C (что соответствует среднегодовой температуре воздуха в данном районе). В верхней части разреза (выше 50-100 метров) температура испытывает сезонные колебания, при этом в приповерхностной зоне температура может меняться от -20°C зимой, до +10°C летом, когда оттаивает деятельный слой.

Вверху мерзлота распространяется практически до поверхности Земли, а ее нижняя граница находится на глубине 270-330 м.

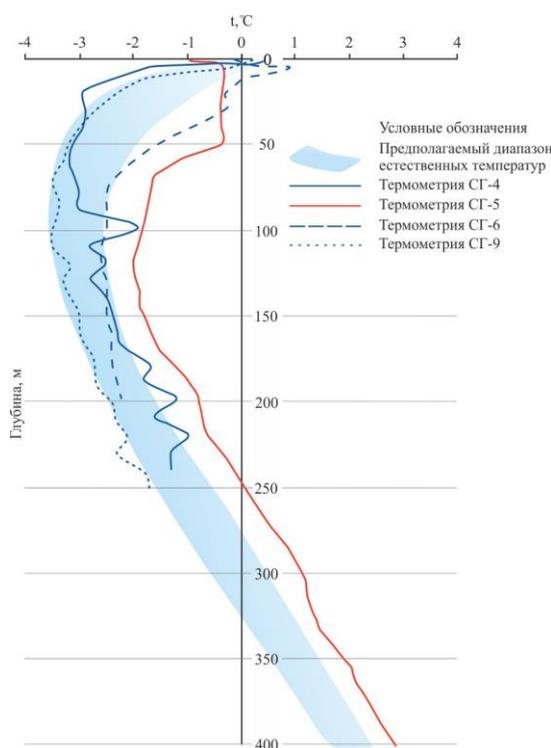


Рис. 1 - Обобщенная схема мерзлотных условий Павловского месторождения

В 2018 году по керну из двух гидрогеологических скважин СГ-5 (глубина 493,1 м) и СГ-3 (глубина 175,0 м) были изучены основные теплофизические свойства 165 образцов керна [3]. Полученные данные позволили впервые охарактеризовать плотность теплового потока арх. Новой Земли и рассчитать его глубинное значение в условиях структурно-теплофизических неоднородностей.

В данной работе исследовалось восстановление палеотемпературы поверхности в районе скважины СГ-5. Для палеоклиматического анализа был выбран интервал 70-415 м, исходная термограмма была прорежена (оцифровка - через 5 м). На основании данных о распределении теплопроводности пород были построены модели стационарного распределения температур:

$$T_{i \text{ стац}} = T_n - \sum_{n-1}^i \frac{q}{\lambda_i} \Delta h; \quad z_i = i \Delta h; \quad T_n = T(z = z_{\max});$$

здесь  $q$  – тепловой поток на глубине  $z_{\max}$ ,  $\Delta h$  – интервал дискретизации,  $\lambda_i$  – теплопроводность пород на интервале  $i \Delta h - (i+1) \Delta h$  (Рис. 2). Значения теплового потока было взято ( $46 \pm 4$  мВт/м<sup>2</sup>) [3]. Пересечение стационарных кривых с земной поверхностью определяет величину  $T_0$  – температуру поверхности до начала реконструируемых изменений. Температурные аномалии, обусловленные изменениями температуры земной поверхности в прошлом, рассчитывались:  $T_{i \text{ан}} = T_i - T_{i \text{стац}}$ .

Стационарная модель необходима для построения «опорного» геотемпературного градиента. Методика реконструкции температурной истории земной поверхности (GSTH – ground surface temperature history) подробно описана в [4].

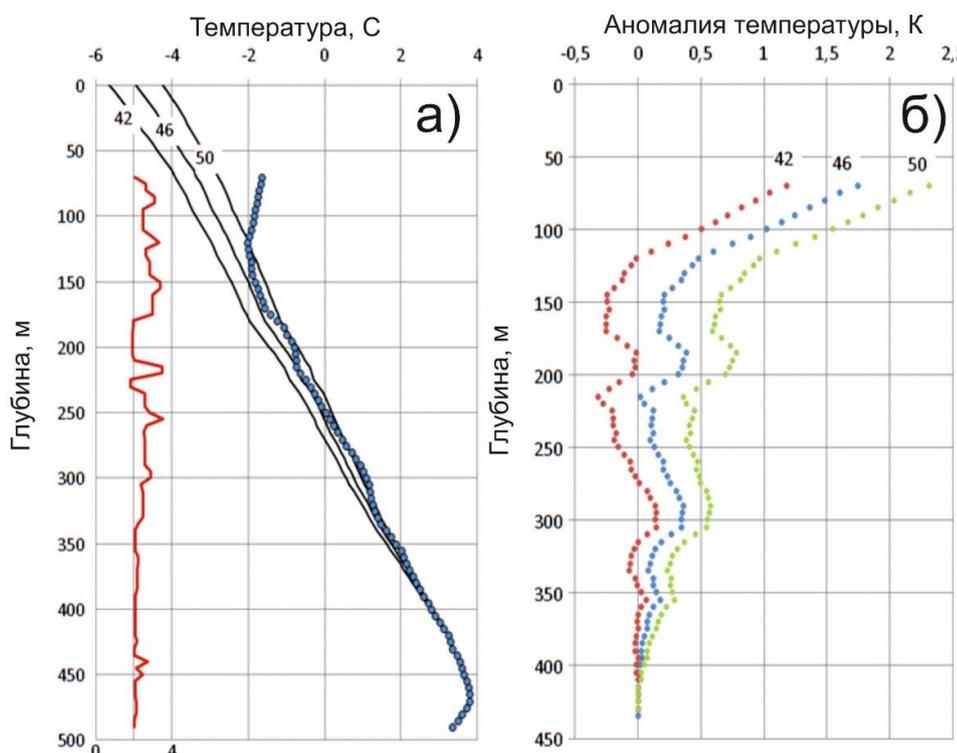
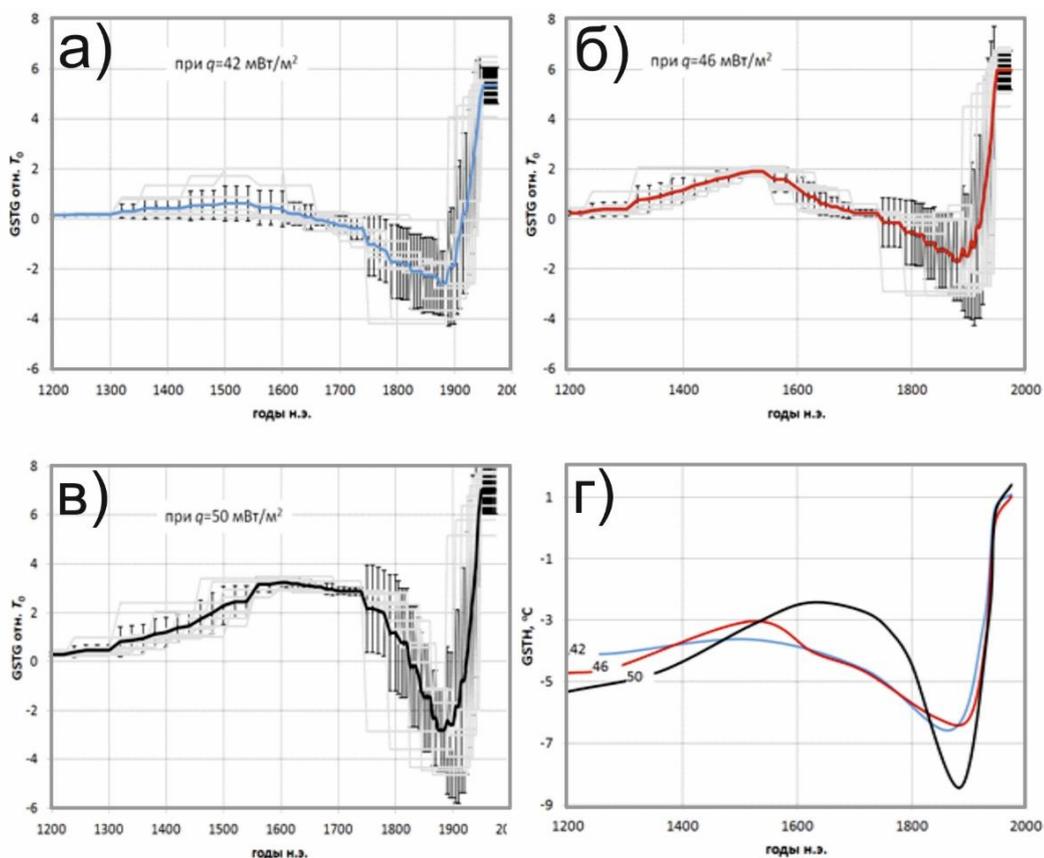


Рис. 2 – (а) Распределение измеренной температуры (синие кружки), теплопроводности (красная кривая) и стационарной температуры (черные кривые) при различных значениях теплового потока с глубины  $z_{\max} = 415$  м (шифр кривых). (б) Температурные аномалии для трех значений теплового потока с глубины  $z_{\max} = 415$  м (шифр кривых).

В полученных кривых (Рис. 3) можно узнать известные климатические эпизоды последнего тысячелетия: средневековый теплый период (СТП), малый ледниковый период (МЛП), современное потепление. Но все эти эпизоды сдвинуты в более поздние времена. Так, СТП обычно датируется 10-14 веками, МЛП – 16-19 веками. Причина, вероятно, связана с недостатком измеренных параметров. Временная шкала реконструкций определяется значением коэффициента температуропроводности ( $a$ ). Используется значение,  $a = 1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Если реально температуропроводность в два раза ниже, то все эпизоды будут иметь в два раза большую давность.

Изначально была дана оценка плотности теплового  $46 \pm 4$  мВт/м<sup>2</sup> [3]. Возможно, она является несколько заниженной по двум причинам. Во-первых, из-за недостаточной выстойки скважины температурный градиент может быть недооценен. Оценить этот эффект довольно сложно без повторных измерений температуры в скважине. Во-вторых, эта оценка сделана для интервала 150-450 м. Здесь еще присутствует занижающее влияние плейстоцен/голоценового потепления примерно 10 тыс. лет назад. Отчасти оно компенсируется влиянием похолодания малого ледникового периода. Это можно рассчитать на модели, если задаться температурными

амплитудами этих климатических событий. Единственная оценка амплитуды плейстоцен/голоценового потепления была дана в [5].



Серые линии – семейство эквивалентных температурных историй, черные – результат усреднения, вертикальные планки – среднеквадратичные отклонения по семейству. (г)

Сглаженные температуры земной поверхности в «реальной» температурной шкале:

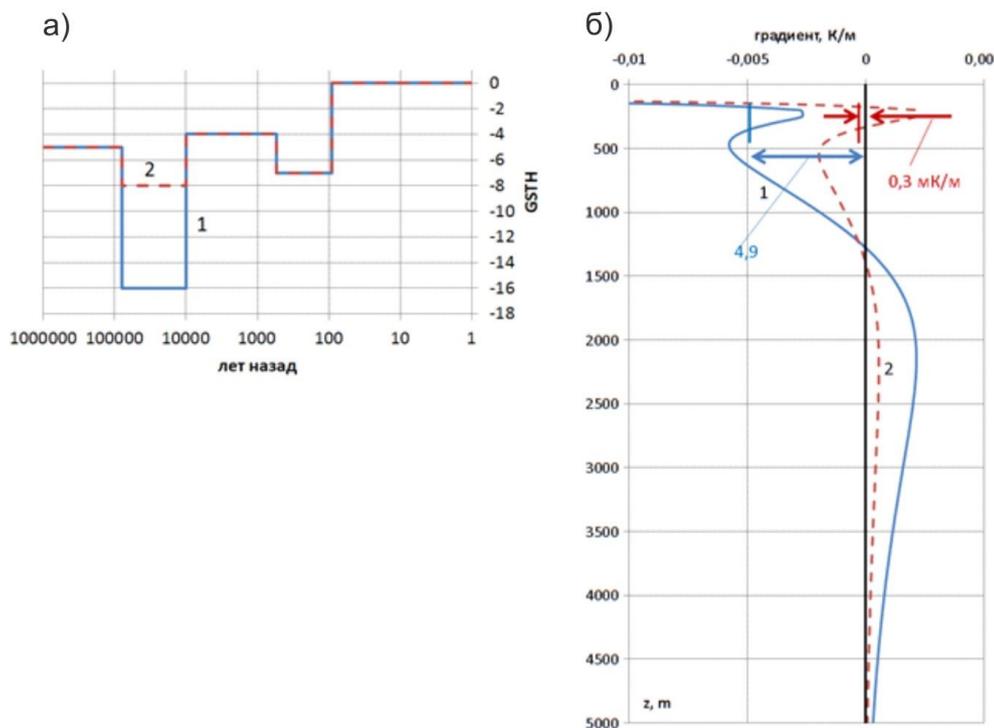
$$\text{GSTH} = \text{GSTH отн } T_0 + T_0.$$

Рис.3 – (а- в) Реконструкции изменений температуры земной поверхности относительно  $T_0$  при различных значениях теплового потока из основания исследуемого интервала.

Для юго-запада Новой Земли она примерно равна 16 К. Малый ледниковый период проявился снижением температуры примерно на 3 К и последующим ростом на 7 К (согласно реконструкции по СГ-5). Соответствующее этой модели распределение аномального температурного градиента приведено на Рис. 4. Поправка составляет 4.9 мК/м. Если оценка теплового потока ( $46$  мВт/м<sup>2</sup>) была сделана, исходя из значения среднего градиента на интервале 150-450 м, равного 18 мК/м, то исправленная оценка будет равна  $q_{\text{испр}} = 46(18+4,9)/18 = 58,5$  мВт/м<sup>2</sup>. Однако, эта оценка сделана в предположении об отсутствии ледника в этой части Новой Земли (или его незначительной мощности и незначительного времени жизни – т.е. в предположении справедливости гипотезы «минимального распространения» евразийского оледенения [6]). В подтверждение этой гипотезы можно обратиться к геотермическим реконструкциям по скважинам на Кольском полуострове [7] и в Карелии [8], которые указывают на очень низкие температуры в максимуме последнего оледенения – соответственно, -18 и -14,5 °С.

Но если все же предположить, что мощный (до 3-4 км – как в Канаде) ледник существовал здесь длительный период (> 20 тыс. лет), то, по аналогии с Лаврентийским щитом, можно ожидать разницы современных и позднеплейстоценовых температур

всего лишь 8 К (или 4 К по отношению к среднеголоценовой). Тогда похолодание малого ледникового периода почти полностью скомпенсирует влияние плейстоцен/голоценового потепления в интервале 150-450 м (Рис. 4, модель 2) и оценка  $46 \text{ мВт/м}^2$  будет близка к реальной.



Горизонтальные линии обозначают средние значения аномального градиента в интервале 150-450 м.

Рис.4 – (а) Две модели температурной истории для юго-западной части Новой Земли при отсутствии оледенения (1) и при наличии мощного оледенения (2); (б) соответствующие этим моделям распределения аномального градиента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт госкорпорации Росатом [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/journalist/news/dobycha-rudy-na-novoy-zemle-nachnetsya-v-2023-godu/>. Публикация от 15 Января, 2018.
2. Шадрин М.А. и др., Отчёт pre-feasibility study по освоению Павловского месторождения серебрясодержащих свинцово-цинковых руд (архипелаг Новая Земля). Геология и оценка минерально-сырьевой базы месторождения Павловское с оценкой рисков. Гидрогеология. Горные работы. Москва: Фонды ЗАО «Лаборатория проекта», 2015 г.
3. Никитин Д.С., Хуторской М.Д. Первые измерения теплового потока на архипелаге Новая Земля // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477. №2 С. 452-455.
4. Demezhko, D.Yu. and Shchapov, V.A. 80,000 years ground surface temperature history inferred from the temperature-depth log measured in the superdeep hole SG-4 (the Urals, Russia), Global and Planetary Change, Vol. 29 (1-2), 2001, pp. 219-230.)
5. Demezhko D.Yu., Ryvkin D.G., Outkin V.I., Duchkov A.D. and Balobaev V.T. Spatial distribution of Pleistocene/Holocene warming amplitudes in Northern Eurasia inferred from geothermal data. Climate of the Past, 3, 559–568, 2007 (<http://www.clim-past.net/3/559/2007/cp-3-559-2007.html>).
6. Siegert M.J., Dowdeswell J.A., Hald M., Svendsen J.-I. //Global and Planet. Change. 2001. V. 31. P. 367–385.

7. Глазнев В.Н., Кукконен И.Т., Раевский А.Б. Ёркинен Я. Новые данные о тепловом потоке в центральной части Кольского п-ова // Доклады Академии наук. 2004. Т. 396. № 1. С. 102-104.
8. Демежко Д.Ю., Горностаева А.А., Тарханов Г.В., Есипко. О.А. Реконструкция температурной истории земной поверхности за последние 30 000 лет по данным термометрии Онежской параметрической скважины // Геофизические исследования, 2013, Т.14, №2 с. 38-48

## **ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОРТАТИВНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИСТРАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

*Ф.В. Передерин<sup>1</sup>, И.М. Алёшин<sup>1,2</sup>, С.Д. Иванов<sup>1</sup>, К.И. Холодков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, г. Москва, crash@ifz.ru

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск.

Запись положения быстро перемещающихся в пространстве объектов. При решении такого рода задач с помощью глобальных навигационных систем (ГНСС) возникают определённые требования к процессу регистрации. Для получения удовлетворительной точности при определении положения и скорости движущегося объекта необходимо осуществлять регистрацию с возможно большей частотой опроса приемного оборудования. Регистрация проводилась с частотой 10 отсчетов в секунду, что соответствует минимальной погрешности измерений для автомобиля, приблизительно, 2 м, для самолёта — 20 м. Для последующего уточнения траектории, высокочастотная регистрация необходима не только на самом объекте, но и, одновременно, на базовых станциях. Большая частота опроса существенно увеличивает объем регистрируемых данных, что практически исключает их хранение во внутренней памяти приёмника при проведении длительных экспериментов. Прямолинейный подход, основанный на использовании программного обеспечения, предоставляемого производителями приемного оборудования, имеет ряд существенных недостатков: неоправданно большие энергозатраты, штатное программное обеспечение требует взаимодействия с оператором. В целом, это практически исключает использование оборудования в автономном режиме, удалённый мониторинг оборудования, существенно усложняет организацию оперативной передачи данных.

Ниже приведён опыт создания и эксплуатации такого регистратора — энергоэффективного устройства, которое обеспечит регистрацию и хранение данных, управление приемным оборудованием, а также позволит решать задачи, связанные с удалёнными передачей данных и управлением оборудованием.

В качестве основы устройства мы использовали миниатюрный одноплатный компьютер. На рынке присутствует два типа такого рода устройств, отличающиеся архитектурой процессора (x86 и ARM). Обе архитектуры могут быть востребованы: x86-системы можно использовать, чтобы кроме, непосредственно, регистрации данных проводить достаточно сложную их обработку в режиме реального времени, а системы с процессором ARM наиболее актуальны при дефиците электроснабжения. В дальнейшем, при описании устройства, мы для простоты ограничимся последним из приведённых выше вариантов. Использованный нами одноплатный компьютер семейства Raspberry Pi имеет интегрированный Wi-Fi/Bluetooth модуль и Ethernet-контроллер, несколько USB-портов.

Питание платы осуществляется через разъём питания microUSB, т.е. в качестве блока питания можно использовать практически любое зарядное устройство

мобильного телефона, что существенно упрощает и удешевляет разработку и эксплуатацию устройства. С учётом большого выбора стыкуемых модулей, корпусов, прочего оборудования, сделанный нами выбор позволяет решить практически все задачи взаимодействия с устройством, получению и передаче данных как в поле, так и при стационарной установке. Для локального энергонезависимого запоминающего устройства мы использовали карту Secure Digital объемом 32 ГБ. Регистрирующее оборудование было смонтировано в телекоммуникационном ящике (Рис. 1).

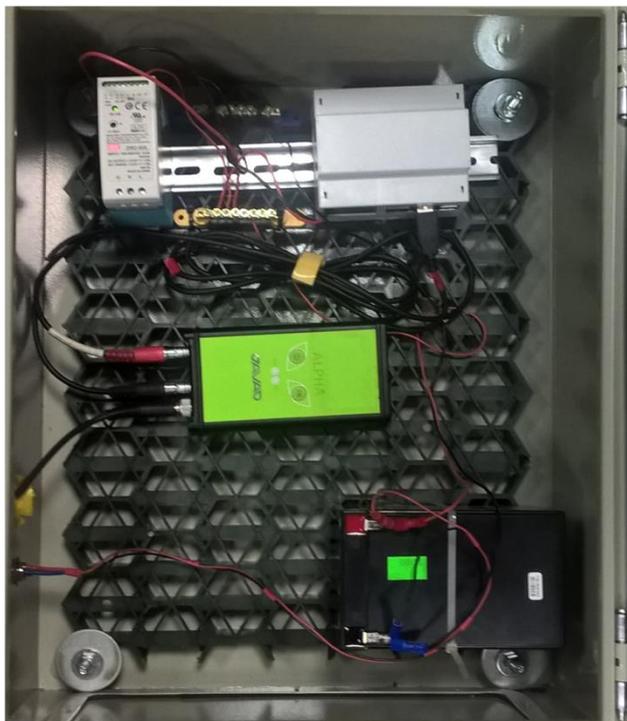


Рис. 1 — Общий вид системы регистрации

Электроснабжение устройств осуществляется от универсального блока питания Mean Well [1] DRC-40A, который даёт возможность подключиться как к бытовой электрической сети с напряжением 220 В, так и к автомобильной 12 В сети. На случай отключения внешнего питания был установлен аккумулятор напряжением 12 В и ёмкостью 13 Ач, что обеспечивает бесперебойную работу в течение суток. Ввод проводов внешнего питания, антенных и коммуникационных кабелей осуществляется через отверстия и разъёмы.

Регистрация сигналов ГНСС производилась с помощью приёмного оборудования Javad. Javad является единственным производителем, своевременно и открыто публикующим формат сообщений своих приёмников [2]. Это даёт практическую возможность отказаться от штатного программного обеспечения и считывать сообщения непосредственно с порта приёмника [3]. Применение при разработке программного обеспечения, взаимодействующего с приёмником, многопоточной обработки позволяет успешно обрабатывать все поступающие сообщения даже на ARM-системах, в том числе и при высокой частоте опроса [4].

Нами разработан блок программ работы с ГНСС-приёмником, включая управление работой регистратора, мониторинг состояния, передачу контрольную информацию в центр мониторинга. Для проверки возможности оперативной передачи данных, одновременно с регистрацией производилась трансляция наклонного электронного содержания ионосферы, рассчитываемых в реальном времени для каждого видимого спутника [5]. Были также разработаны программы для функционирования в центре мониторинга. Они обеспечивают приём контрольной информации, её визуализацию и публикацию в сети Интернет [6, 7, 8, 9].

Практическая проверка работы устройства проводилась в двух режимах. В первом случае выполнялась стационарная регистрация ГНСС-сигналов: устройство функционировало в качестве необслуживаемой базовой станции в г. Архангельске, предназначенной для исследования особенностей коррекции позиционирования самолета-лаборатории с использованием наземных станций ГНСС-наблюдений, расположенных в арктической зоне [10, 11]. ГНСС-антенна была установлена на крыше здания ФГБУН ФИЦКИА РАН.

Во втором режиме тестирования устройство размещалось на автомобиле. Измерения проводились при перемещении автомобиля по дорогам общего пользования по маршрутам Москва-Архангельск и Москва-Севастополь на автомобиле. В ходе эксперимента использовались постоянные базовые станции СДКМ и ЦНИИГАиК. Особенностью данного эксперимента является возможность сравнения точности позиционирования (в том числе – определения высот) с имеющимися современными геодезическими моделями на субмеридиональном профиле протяженностью около 3000 км. [12].

*Исследования проведены в ходе выполнения тем бюджетного финансирования Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН и ФГБУН ФИЦКИА РАН (номер темы АААА-А18-118012490072-7).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блоки питания Mean Well. <http://www.mean-well.ru> (дата обращения: 07.05.2019).
2. GREIS (GNSS Receiver External Interface Specification) Guide. [www.javad.com](http://www.javad.com) (дата обращения: 07.05.2019).
3. Aleshin I., Burguchev S., Kholodkov K., Alpatov V., Vasiliev A. Data handling in gnss receiver network and ionosphere monitoring service solution // Proceedings 2014 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT 2014). 2014. P. 122—125.
4. Алешин И. М., Холодков К. И. Создание неустаревающих программ для манипуляции данными ГНСС в формате GREIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 1. С. 35–45.
5. Алешин, И.М., Алпатов, В.В., Васильев, А.Е., Бургучев, С.С., Холодков, К. И., Будников, П.А., Молодцов, Д.А., Корягин, В.Н., Передерин, Ф.В. Оперативная служба мониторинга ионосферы по данным станций глобальных навигационных спутниковых систем // Геомагнетизм и аэронавигация. 2014. № 4. Т. 54. С. 496–502.
6. Алешин И.М., Бургучев С.С. База данных оперативных сообщений сигналов ГНСС приемного оборудования JAVAD / Свид-во БД 2014620893 (Россия). Оpubл. 25.06.2014.
7. Алешин И.М., Бургучев С.С. Программа автоматического разбора и преобразования сообщений приемного оборудования Javad / Свид-во ПрЭВМ 2014616489 (Россия). Оpubл. 25.06.2014.
8. Алешин И.М., Передерин Ф.В., Холодков К.И. Программа оперативного наблюдения и контроля работы регистратора ГНСС / Свид-во ПрЭВМ № 2014616491 (Россия).; Оpubл. 25.06.2014.
9. Алешин И.М., Холодков К.И., Бургучев С.С. Программа обработки и преобразования файлов формата JPS / Свид-во ПрЭВМ № 2017664281 (Россия). Оpubл. 20.12.2017.
10. Дробышев Н.В., Конешов В.Н., Погорелов В.В., Рожков Ю.Е., Соловьев В.Н. Особенности методики аэрогравиметрической съемки, проводимой в высоких широтах // Физика Земли. 2009. № 8. С.36–41.
11. Конешов В.Н., Погорелов В.В., Спесивцев А.А., Ермошенко С.А., Родченко А.О. Опыт использования постояннодействующих станций ШСДКМ при

- аэрогравиметрических исследованиях на протяженных профилях по маршруту Петропавловск-Камчатский – Архангельск // Шестая научно-техническая конференция “Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России”, 1–7 октября 2017 г., г. Петропавловск-Камчатский: Материалы конференции. С.353–357. <http://emsd.ru/conf2017lib/pdf/techn/pogorelov.pdf?v3>
12. Передерин Ф.В., Алёшин И.М., Иванов С.Д., Михайлов П.С., Погорелов В.В., Холодков К.И. Портативный комплекс регистрации сигналов ГНСС с высокой частотой опроса: полевые испытания и перспективы применения // Наука и технологические разработки. 2018. Т. 97, № 4. С.28–40.

## **РАДИОТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ДЕЛЬТ СЕВЕРНЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ) КАК ИНДИКАТОР ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АРКТИКЕ**

*А.Н. Романов<sup>1</sup>, И.В. Хвостов<sup>1</sup>, В.В. Тихонов<sup>2</sup>, Д.А. Боярский<sup>2</sup>, Л.Ю. Севастьянова<sup>3</sup>,  
П.Н. Уланов<sup>1</sup>, Е.А. Шарков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, romanov\_alt@mail.ru

<sup>2</sup> Институт космических исследований РАН, г. Москва, vtikhonov@asp.iki.rssi.ru

<sup>3</sup> Объединенная гидрометеорологическая станция г. Нарьян-Мар, ФГБУ «Северное УГМС», luizabon@yandex.ru

Дельты северных рек представляют собой уникальные экосистемы, находящиеся в условиях сложного взаимодействия речных и морских факторов, характеризующиеся сильной изменчивостью и сильной экологической уязвимостью, но при этом обладающие значительными природными ресурсами и играющие важную роль в экономике прибрежных регионов [1-3]. Оперативная информация о состоянии дельт является востребованной при анализе различных природных процессов, оценке интенсивности и мощности антропогенного воздействия. При выявлении изменений, происходящих в дельтах рек, используются дистанционные методы космического мониторинга, поскольку эти регионы труднодоступны для контактных наблюдений [4-6].

Возможность получения данных с обширных площадей, большая частота наблюдений в высоких широтах, независимость сбора данных от солнечной освещенности и атмосферных условий, чувствительность к подповерхностным процессам, а также относительная дешевизна, делают спутниковую микроволновую радиометрию наиболее оптимальным методом мониторинга этих территорий.

Радиотепловой режим подстилающей поверхности дельт северных рек, в зависимости от их географического положения, ландшафтных особенностей, может существенно различаться. Сезонная динамика радиоярких температур ( $T_{\text{Я}}$ ) подстилающей поверхности в речной дельте зависит от соотношения площадей воды и суши, температуры и солености воды, температуры и влажности почвы, видового состава и биомассы растительности, метеорологических условий, особенностей сезонного замерзания и оттаивания почвенного покрова, наличия многолетнемерзлых почв, скорости образования ледяного покрова в речных рукавах и протоках.

В данной работе приведены результаты исследований сезонных вариаций микроволнового излучения подстилающей поверхности на севере Европейской части России (Белое море и дельта Северной Двины). В качестве основного тестового участка выбран участок, включающий в себя разные типы ландшафтов, в том числе: сушу, реку, море и искусственные (антропогенные) объекты. Карта-схема тестовых участков приведена на рис. 1. Данная территория характеризуется значительным уровнем

радиопомех, связанных с попаданием в пиксель радиометра спутника крупных населенных пунктов и промышленных объектов.

Сезонная динамика радиоярких температур акватории Белого моря и дельты Северной Двины исследовалась на тестовых участках с 2012 по 2018 годы. Для регистрации восходящего микроволнового излучения подстилающей поверхности на частоте 1.41 ГГц использовались данные спутника SMOS (продукт L1C) [7], откалиброванные в единицах радиоярких температур  $T_{я}$ . Погрешность определения  $T_{я}$  изменяется от  $\pm 3$  К в центре до  $\pm 6$  К на краях полосы захвата, ширина которой 890 км. Съемка исследуемой территории производилась 2-3 раза в сутки в диапазоне углов зондирования от  $0^\circ$  до  $55^\circ$  при горизонтальной и вертикальной поляризации.

Анализировался участок подстилающей поверхности, ограниченный на рис.1 черно-белой пунктирной линией.

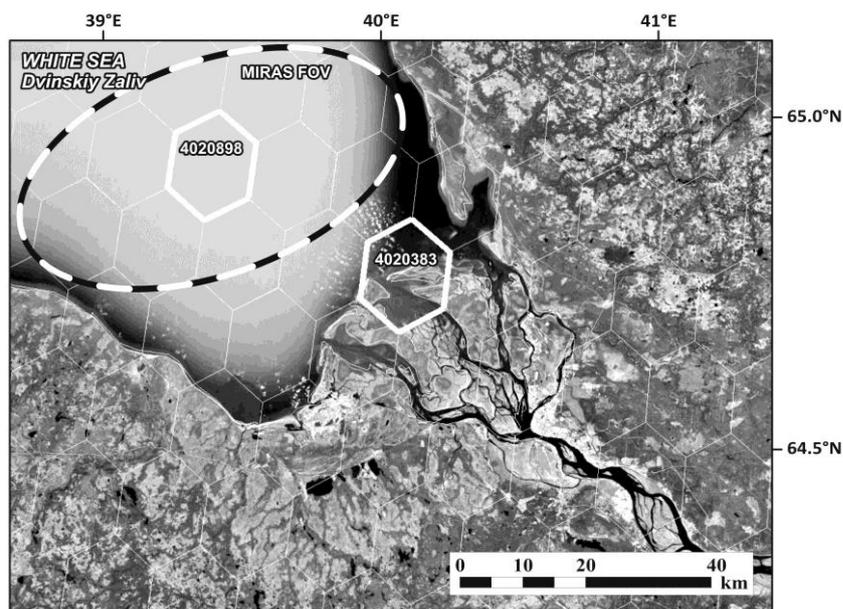


Рис. 1 – Карта-схема тестовых участков: Белое море (40220898), дельта Северной Двины (4020383)

Площадь участка составляла  $1760 \text{ км}^2$ . Данные продукта L1C привязаны к дискретной геодезической сетке DGG ISEA 4N9 [8], Линейный размер ячейки сетки составляет  $\sim 16$  км, площадь ячейки  $\sim 195 \text{ км}^2$ . В исследовании использованы данные L1C SMOS, полученные при измерении восходящего излучения на горизонтальной поляризации под углом зондирования  $42.5^\circ$  с пространственным разрешением 40 км.

На рис. 2 показана сезонная динамика радиоярких температур геодезических ячеек 40220898 (Белое море) и 4020383 (дельта Северной Двины). Видно, что в разные сезоны года значения  $T_{я}$  акватории моря заметно различаются. Значения  $T_{я} \approx 80 \div 100$  К соответствуют участкам с открытой водой. Радиояркие контрасты  $\Delta T_{я}$ , достигающие 20 К, связаны с вариациями температуры и солёности воды, а также с морским волнением, зависящим от скорости приводного ветра и появлением пены.

С начала образования и до разрушения ледяного покрова микроволновое излучение морской акватории зависит от температуры и солёности льда, толщины ледяного покрова, температуры и солёности воды подо льдом [9]. Значения  $T_{я}$  варьируют от 80 К (открытая вода) до  $210 \div 240$  К (морской лед), в зависимости от соотношения площадей воды и ледяного покрова, попадающих в зону охвата диаграммы направленности антенн микроволнового спутникового радиометра.

Для речной дельты, включающей в себя сушу и воду, в период положительных температур значения  $T_{я}$  изменяются от 140 до 160 К. Наблюдаемые на рис. 2 значения  $T_{я}$ , достигающие 200 К, могут быть связаны с радиотехническими помехами, так как тестовый участок расположен в развитом индустриальном районе. Устойчивая закономерность в сезонной динамике  $T_{я}$  заключается в том, что зависимости  $T_{я}(JD)$ , наблюдающиеся в теплый период, представляют собой полусферу с максимумом, соответствующим, видимо, максимальному развитию наземной растительности или максимальному высыханию почвенного покрова.

В холодный период зависимости  $T_{я}(JD)$  качественно повторяют аналогичные зависимости для акватории Белого моря. Это объясняется тем, что суммарное микроволновое излучение тестового участка в дельте реки частично формируется микроволновым излучением морской акватории. Различие заключается в существенно большей продолжительности периодов замерзания и оттаивания почвенного покрова. Также различаются продолжительности существования открытой воды и мерзлой почвы.

На рис. 2 цифрами 1-4 обозначены даты, начиная с которых происходит резкое изменение поведения зависимости  $T_{я}(JD)$ . С использованием установленных дат и анализа временных рядов могут быть оценены продолжительности фаз ледового режима морской акватории и фаз замерзания/оттаивания почвенного покрова:

**Период открытой воды** – временной интервал между точками 1 ( $JD_1$ ) и 2 ( $JD_2$ ), характерный для термодинамических температур окружающей среды ( $T$ ), превышающих температуру образования льда из соленой морской воды ( $T_L$ ). Продолжительность периода открытой воды (ППОВ) является важным гидрологическим параметром, характеризующим происходящие гидролого-климатические изменения.

**Период образования ледяного покрова** – временной интервал между точками 2 ( $JD_2$ ) и 3 ( $JD_3$ ), в течение которого на водной поверхности образуется ледовый покров толщиной  $d \geq L_{\lambda}$  ( $L_{\lambda}$  – скин-слой), экранирующий микроволновое излучение водной поверхности. В этот период значения  $T_{я}$  возрастают от 90 до 240 К. Вариации  $T_{я}$  связаны с появлением ледяного покрова на водной поверхности, увеличением толщины льда  $d$ , возникновением интерференционных явлений при изменении соотношения ( $\lambda/d$ ).

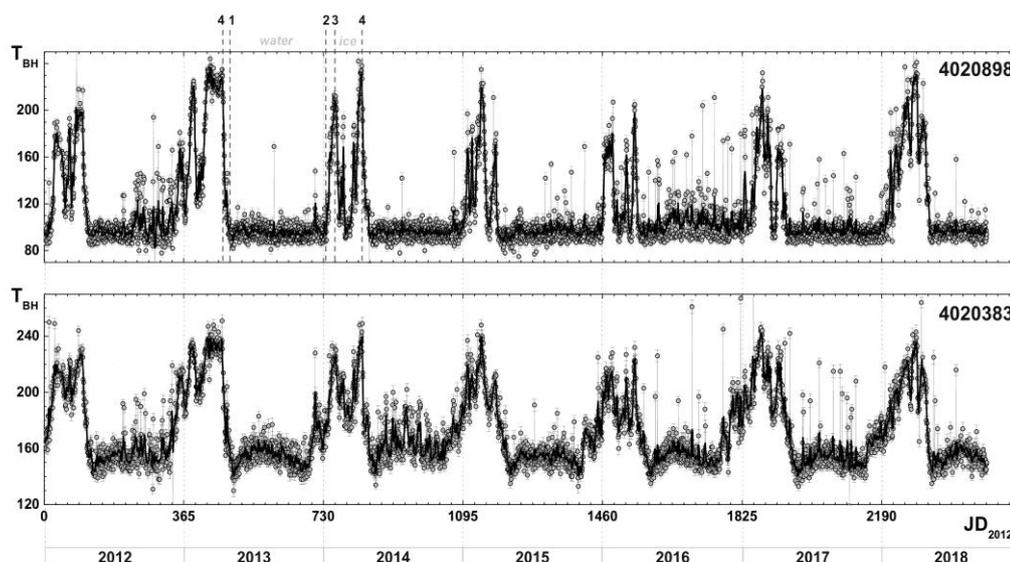


Рис. 2 – Сезонная динамика радиоярких температур геодезических ячеек 40220898 (Белое море) и 4020383 (дельта Северной Двины)

**Период установившегося ледяного покрова** – временной интервал между точками 3(JD<sub>3</sub>) и 4 (JD<sub>4</sub>) на зависимостях  $T_{\text{я}}(JD)$ , характерен для  $T < T_{\text{л}}$ , при наличии на водной поверхности ледяного покрова толщиной  $d > L_{\lambda}$ . Значения  $T_{\text{я}}$  изменяются в пределах 210–240 К и зависят от температуры и солености льда, сплоченности ледяного покрова, наличия на его поверхности снежиц, возникающих во время оттепелей. Также одной из причин понижения  $T_{\text{я}}$  может быть появление протяженных участков открытой воды в случае разрушения сплошного ледяного покрова. Из рис. 2 видно, что в течение зимнего сезона 2016-2017 годов сплошной ледовый покров на тестовом участке Белого моря существовал весьма непродолжительное время.

**Период таяния ледяного покрова** – временной интервал между точками 4(JD<sub>4</sub>) и 1(JD<sub>1</sub>) является переходным от отрицательных температур к положительным. Значения  $T_{\text{я}}$  понижаются с 210–240 до 100-90 К. Вариации  $T_{\text{я}}$  вызваны таянием ледяного покрова, лежащего на его поверхности снега, образованием снежиц, участков открытой воды. Так как скин-слой для соленой воды на частоте 1.41 ГГц составляет доли сантиметра, то появление снежиц на поверхности ледяного покрова оказывает сильное экранирующее влияние на его микроволновое излучение. Данные дистанционного зондирования морского льда, полученные в летний период 1979 года с помощью Scanning Multichannel Microwave Radiometer, позволили выявить в сезонных ледовых зонах Белого и Баренцева морей многослойность ледяного покрова [9]. Возникновение многослойной структуры, образующейся в весенний период в результате поверхностного таяния льда и последующего замерзания растаявшей воды, сопровождается резкими кратковременными изменениями радиоизлучательных характеристик акватории моря на разных частотах. Это позволяет осуществить раннюю идентификацию начала таяния ледяного покрова и получить дополнительную информацию о его состоянии.

Аналогично установленным фазам ледового режима морской акватории могут быть установлены на основе анализа временных рядов  $T_{\text{я}}(JD)$  периоды замерзания и оттаивания почвенного покрова, в том числе:

- 1) период незамерзшей почвы;
- 2) период промерзания почвенного покрова до глубины  $h_M = H_{\lambda}^M$ , где  $H_{\lambda}^M$  – скин-слой мерзлой почвы на длине волны  $\lambda$ ;
- 3) период мерзлой почвы с  $h_M \geq H_{\lambda}^M$ ;
- 4) период оттаивания верхнего слоя почвы на глубину  $h_T \geq H_{\lambda}^T$ , где  $H_{\lambda}^T$  – скин-слой оттаявшей почвы на длине волны  $\lambda$ .

В период интенсивного таяния снежного покрова и оттаивания верхнего слоя почвенного покрова, почва находится в условиях весеннего переувлажнения. Величина  $H_{\lambda}^T$ , зависящая от длины волны, на которой ведется измерение радиояркостных температур, и диэлектрических характеристик переувлажненной почвы, как правило, не превышает нескольких сантиметров. Соответственно, пониженные значения  $T_{\text{я}}$  до значений, соответствующих влажной незамерзшей почве, не означают, что почва оттаяла на всю глубину.

*Данные SMOS получены в ходе выполнения проекта ESA №. 4747 «Дистанционное картирование засоленных почв Сибири». Экспедиционное обследование проведено в ходе выполнения гранта РФФИ № 18-05-00753 и государственного задания (проект «Климатические и экологические изменения и региональные особенности их проявления на территории Сибири по данным палеоархивов и атмосферных осадков»). Теоретические результаты получены по программе темы «Мониторинг» (Тихонов, Боярский, Шарков) (Государственное*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек. М.: Изд-во МГУ, 1998. 176 с.
2. Кравцова В.И., Черепанова Е.В. Динамика дельт рек Енисея и Пура //Водные ресурсы. 2003. Т. 30. № 3. С. 304-311.
3. Михайлова М.В., Михайлов В.Н. Современное состояние и перспективы гидрологии устьев рек //В сборнике: Избранные труды Института водных проблем РАН: 1967-2017. В 2-х томах. Институт водных проблем РАН. Москва, 2017. С. 252-280.
4. Antonova S., Käab A., Heim B., Langer M., Boik J. Spatio-temporal variability of X-band radar backscatter and coherence over the Lena River Delta, Siberia //Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 182. P. 169-191.
5. Temimi M., Leconte R., Brissette F., Chaouch N. Flood monitoring over the Mackenzie River Basin using passive microwave data // Remote Sensing of Environment. 2005. Vol. 98. N. 2–3. P. 344-355.
6. Du J., Kimball J. S., Jones L. A., Watts J. D. Implementation of satellite based fractional water cover indices in the pan-Arctic region using AMSR-E and MODIS // Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 184. P. 469-481.
7. Gutierrez A., Castro R., Catarino N. (2014a) SMOS L1 Processor L1a to L1b Data Processing Model. SO-DS-DME-L1OP-0008. N 2.19. URL: [https://earth.esa.int/documents/10174/1854456/SMOS\\_L1b-Data-Processing-Models](https://earth.esa.int/documents/10174/1854456/SMOS_L1b-Data-Processing-Models)
8. Sahr K., White D., Kimerling A.J. Geodesic Discrete Global Grid Systems // Cartography and Geographic Information Science. 2003. V. 30. № 2, P. 121-134.
9. Anderson M.R., Crane R.G., Barry R.G. Characteristics of arctic ocean ice determined from SMMR data for 1979: Case studies in the seasonal sea ice zone//Advances in Space Research, Vol. 5, N 6, 1985, P. 257-261.

#### ПЕРЕМЕЩЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ (ВИРТУАЛЬНЫХ) И ИСТИННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В АРКТИКЕ И АНТАРКТИКЕ

*Н.Н. Семаков<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, [semakov@igm.nsc.ru](mailto:semakov@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск.

Для оценки направлений и скоростей движения магнитных полюсов Земли необходимо знать величину склонения (D) и наклонения (I) магнитного поля в точках с известными географическими координатами ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ).

Координаты северного магнитного полюса вычисляются по известным формула сферической тригонометрии [1]:

$$(1) \sin \Phi = \sin \varphi \cdot \cos \theta + \cos \varphi \cdot \sin \theta \cdot \cos D$$

$$(2) \sin (\Lambda - \lambda) = \sin \theta \cdot \sin D / \cos \Phi$$

$$(3) \operatorname{ctg} \theta = 0,5 \operatorname{tg} I$$

Географические координаты расчетного (виртуального) северного магнитного полюса ( $\Phi$ ,  $\Lambda$ ) вычисляются по наблюдению склонения и наклонения вектора

магнитной индукции по указанным формулам (1-3). Координаты южного виртуального магнитного полюса ( $\Phi_s$ ,  $\Lambda_s$ ) будут находиться в противоположной (от северного) точке земного шара: на широте  $\Phi_s = -\Phi$  и на долготе  $\Lambda_s = 180 + \Lambda$ . С приближением измеренной величины наклона к  $90^\circ$  мы приближаемся северному истинному магнитному полюсу и удаляемся от южного истинного магнитного полюса, где измеренная величина наклона равна  $-90^\circ$ . Но в силу существенной недипольности и неоднородности магнитного поля Земли истинные магнитные полюсы, в отличие от виртуальных, располагаются далеко не в противоположных точках земного шара [2].

Под термином «дипольность» мы понимаем возможность представить наблюдаемое магнитное поле единым диполем. При представлении магнитного поля в локальной точке (например, в магнитной обсерватории) такая возможность есть всегда. Иными словами, магнитное поле в данном месте в данный момент времени всегда дипольно (в указанном выше смысле). А говорить о недипольности и оценивать ее степень можно только в пространственном или временном смысле. Для того, чтобы рассчитать параметры эквивалентного диполя, не нужно делать никаких предположений о совокупности источников, которые влияют на наблюдаемые в данной точке значения элементов земного магнетизма. Нужно только задать расстояние от точки наблюдения до этого диполя, после чего величину магнитного момента диполя и его ориентацию не трудно вычислить. В качестве места, в которое удобнее всего поместить эквивалентный диполь, лучше всего брать центр земного шара. Тогда координаты магнитного полюса, полученные по формулам (1) – (3), определяют ориентацию диполя, а его магнитный момент ( $M$ ) будет вычисляться по формуле (4):

$$(4) M = G * R^3$$

Величина  $R$  в соотношении (4) есть расстояние от точки наблюдения до центра земного шара, а  $G$  – локальная магнитная постоянная, особенностью которой является постоянство на одинаковом удалении от диполя. Эта характеристика магнитного поля, использованная более 100 лет назад американским геофизиком Л. Бауэром [3], вычисляется по формуле (5):

$$(5) G = (H^2 + 0,25 * Z^2)^{0,5}$$

К сожалению, магнитологи не часто используют локальную магнитную постоянную при анализе получаемых результатов. А по степени ее разброса, как и по разбросу магнитных полюсов, можно судить о степени дипольности магнитного поля как на глобальном, так и на региональном уровне [2,3].

При изучении региональных характеристик дипольность магнитного поля остается тоже достаточно высокой. Однако при глобальном осреднении такие характеристики магнитного поля, как координаты единых для Земли геомагнитных полюсов, могут существенно отличаться не только от локальных, но и от региональных характеристик. И это отличие касается не только положения магнитных полюсов, но также скорости и направления их перемещения (Рис 1).

Особенно отчетливо указанные различия проявляются в ситуации с южными магнитными полюсами. Если за последнюю сотню лет южный геомагнитный полюс медленно, но верно приближался к южному географическому полюсу, то его региональный «близнец» не менее уверенно двигался к географическому экватору. При этом скорость движения у «регионального» магнитного полюса была в 5-6 раз выше, чем у «глобального» [4]

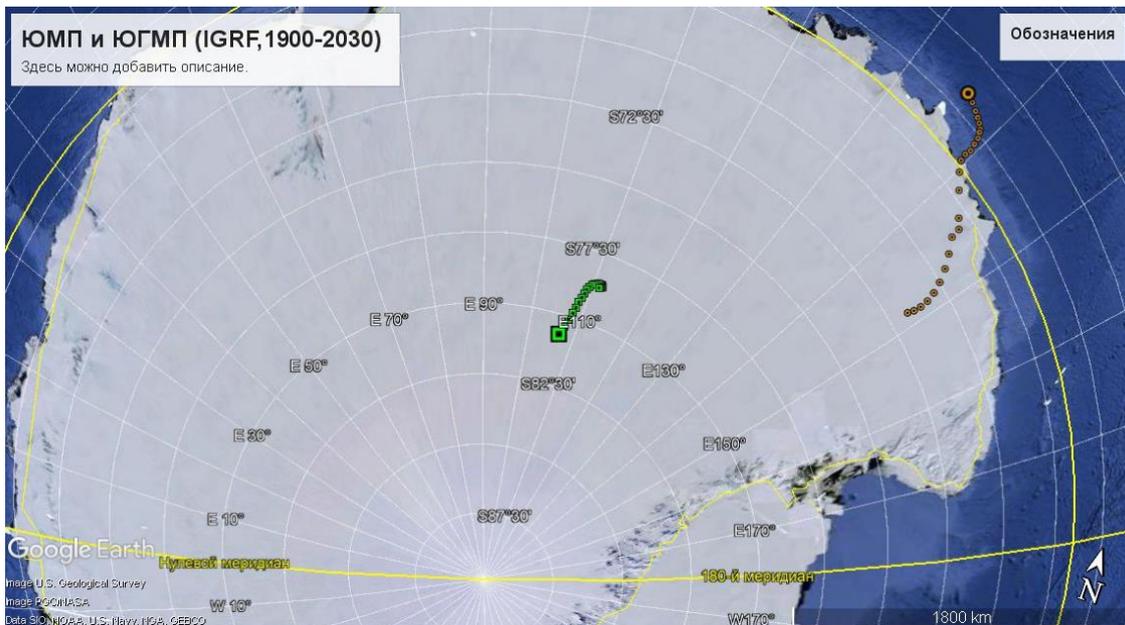
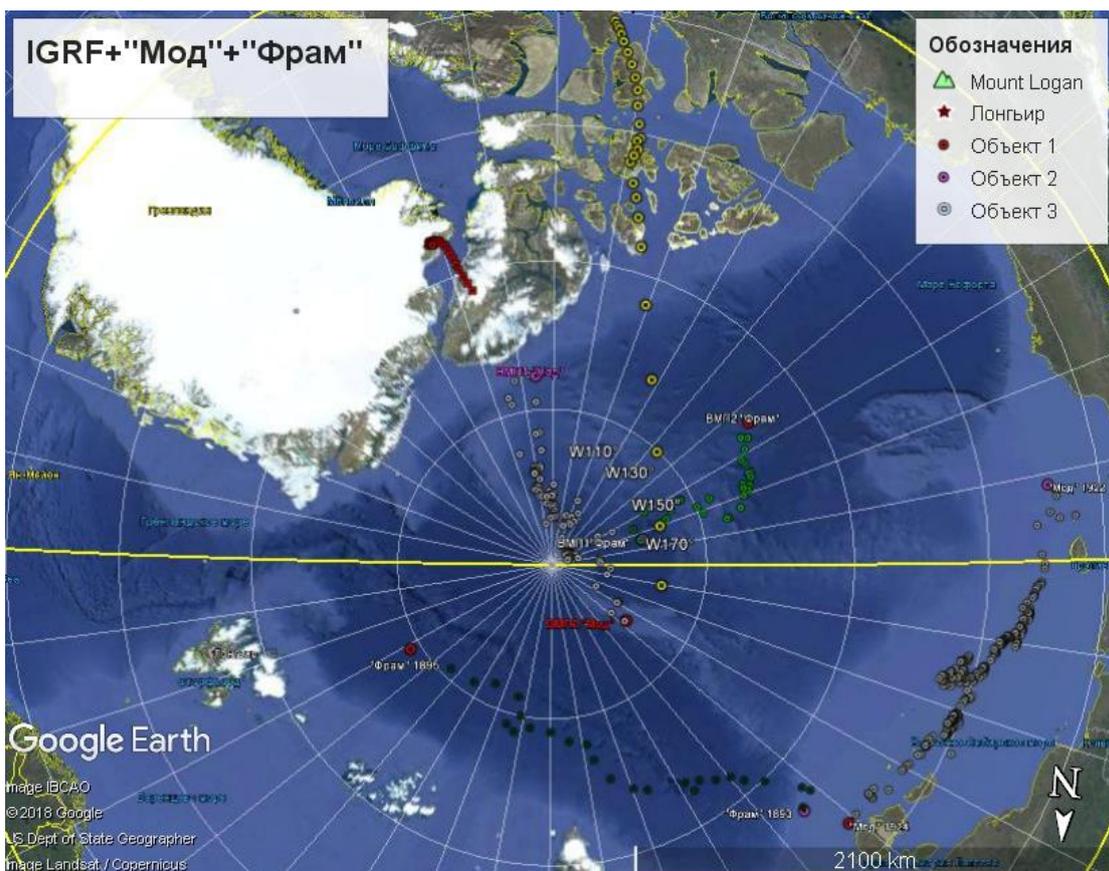


Рис. 1 — Траектории движения южного магнитного полюса по глобальным (квадратики) и региональным (кружочки) данным. Более крупными знаками показаны прогнозные положения на 2030 год

Несколько иная картина наблюдалась в это время в Арктике (Рис. 2).



В центральной части рисунка – положение соответствующих расчетных магнитных полюсов. В верхней части рисунка – положение северного геомагнитного полюса (короткая красная кривая) и северного магнитного полюса (желтые кружки) с 1900 до 2030 года

Рис. 2 - В нижней его части - пункты магнитных измерений во время дрейфа Нансена на «Фраме» (зеленые кружки в котловине Нансена) и Амудсена на судне «Мод» (серые кружки в Восточно – Сибирском море).

Кривая перемещения северного геомагнитного полюса показывает его приближение к северному географическому (как и в Антарктике). И «региональный» северный магнитный полюс в течение 100 лет тоже продолжал набирать широту, двигаясь в северо-западном направлении вдоль дуги большого круга, соединяющего Канадскую и Сибирскую мировые магнитные аномалии [5,6].

Помимо двух указанных выше кривых перемещения северных магнитных полюсов на Рис. 2 показаны еще две траектории. Это траектории дрейфа Ф. Нансена на судне «Фрам» в 1893-1895 гг. и Р. Амудсена на судне «Мод» в 1922-1924 гг. Положения расчетных северных магнитных полюсов, полученных по измерениям склонения и наклонения в различных точках дрейфа, отражает степень пространственной недипольности магнитного поля Арктики в эпохи 1894 года и 1923 года. Значения магнитного склонения и наклонения для расчета координат магнитных полюсов были взяты из каталога Б.П. Вейнберга [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Merrill R.T., McElhinny M.W., and McFadden P.I. The magnetic field of the Earth, paleomagnetism, the core and the deep mantle//Academic Press, 1998.531 pp.
2. Физика Земли (новый взгляд на некоторые проблемы) // 128 с. «Наука», Новосибирск, 1989.
3. Bauer L.A. The local magnetic constant and its variations// Terr.mag. (Washington), 1914, V 19. P. 113 – 125.
4. Newitt L.R., Niblett E.R. Relocation of the north magnetic dip pole //Can. J. Earth Sci. V.23. P. 1062-1067. 1986.
5. Newitt L.R. Magnetic repeat station field manual // Geophysics Division Geological Survey of Canada, Ottawa, 1986.
6. Семаков Н.Н., Ковалев А.А., Павлов А.Ф., Федотова О.И. Куда бежит магнитный полюс? // Наука из первых рук, №2, P. 96 – 107, 2016.
7. Вейнберг Б.П. Каталог магнитных определений в СССР и сопредельных странах с 1556 по 1926 год // Часть 1, Ленинград, 1929

#### **ВКЛАД СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ» В РЕГИОНАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ АРКТИКИ**

*А.П. Турова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [turova\\_ap@fciarctic.ru](mailto:turova_ap@fciarctic.ru)

Расширение представлений о современной геодинамике арктической зоны Российской Федерации является частью исследований по оценке сейсмической опасности арктических территорий. В этой связи получение новых данных о сейсмических событиях исследуемого региона является актуальной задачей.

В настоящее время количества сейсмических станций в Российской Арктике все еще недостаточно для проведения детальных исследований. В связи с этим открытие новых сейсмических станций на арктических территориях является первостепенной задачей. Рассмотрим вклад новой сейсмической станции в региональный мониторинг Баренцево-Карского региона и прилегающих территорий на примере сейсмической станции «Северная Земля», которая была установлена на архипелаге Северная Земля, о. Большевик на территории научной базы Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ).

Данный пункт сейсмических наблюдений был открыт в конце 2016 г. Сейсмический бункер, в котором размещается сейсмическая аппаратура (велосиметр SMG-6TD, фирмы Guralp, Великобритания), представляет собой гидро- и теплоизолированный металлический короб. Цифровые сейсмические данные с велосиметра передаются на локальный компьютер, установленный в здании научной базы ААНИИ. Далее передача сейсмических данных с компьютера станции SVZ осуществляется путем их синхронизации на сервере ААНИИ через внутреннюю виртуальную сеть. Затем данные с сервера ААНИИ синхронизируются через Интернет на сервере лаборатории сейсмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН, после чего они конвертируются и помещаются в архив [1].

Открытие данной станции, вошедшей в состав Архангельской сейсмической сети (АСС) под кодом SVZ, позволило расширить географию мониторинга Баренцево-Карского региона до 100° в.д. и повысить чувствительность сети по магнитуде не ниже 3.5 для всего региона [2]. В Табл. 1 представлено распределение количества землетрясений, зарегистрированных Архангельской сейсмической сетью за 2012-2018 гг. по регионам. Магнитудный диапазон регистрируемых событий за эти же годы представлен на Рис. 1. Анализ Табл. 1 показывает увеличение количества регистрируемых землетрясений Баренцево-Карского региона с 2017 г., что напрямую связано с открытием островной сейсмической станции «Северная Земля». Максимальное количество землетрясений, регистрируемых АСС, происходит в районе арктических хребтов Книповича и Гаккеля, минимальное – о. Белый и желоб Святой Анны. В частности, сейсмическая станция «Северная Земля» позволяет нам регистрировать события с восточной части хребта Гаккеля [2].

Таблица 1 – Распределение количества землетрясений, зарегистрированных Архангельской сейсмической сетью за 2012-2018 гг.

Наименование региона	Годы						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Хребет Книповича	72	156	154	64	100	113	114
Архипелаг Шпицберген	27	98	68	50	106	74	37
Хребет Гаккеля	91	106	169	46	82	120	132
Хребет Мона		3	4	4	15	7	5
Желоб Св. Анны	4				1		3
Поднятие Белый и Виктория	2	1	9	2		2	
архипелаг Новая Земля		1	1			1	1
архипелаг Северная Земля		1			1	1	1
Исландия		3	45			1	
Желоб Франц-Виктория	3	4	6	3	5	2	3
о. Белый		2			2		
Баренцево море		1		7	8	4	5
Гренландское море		1	3	3	3		6
Итого:	199	377	459	179	323	325	307

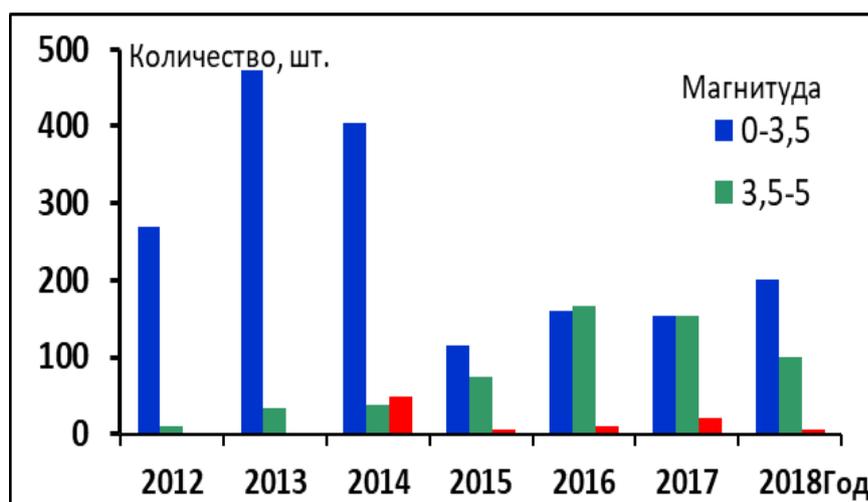


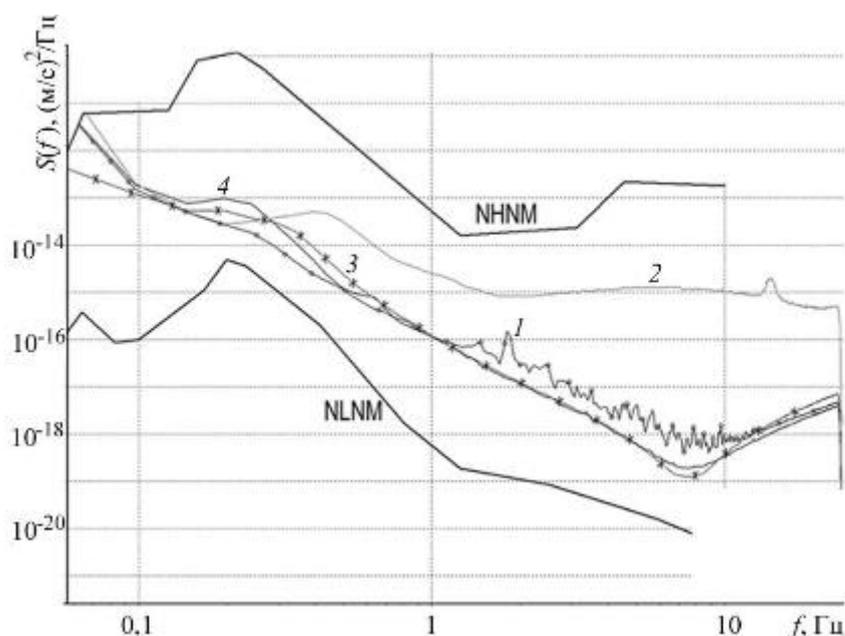
Рис. 1 – Распределение количества землетрясений, регистрируемых Архангельской сетью, по магнитудам за 2012-2018 гг.

Анализ Рис. 1 показывает общее уменьшение числа регистрируемых событий с магнитудами ниже 3,5, в то же время отмечается увеличение количества землетрясений с магнитудами от 3,5 до 5. Землетрясения с магнитудами больше 5 в рассматриваемом регионе происходят редко. В Табл. 2 приведены количественные значения регистрируемых землетрясений из арктического региона до открытия сейсмической станции SVZ и с учетом ее функционирования. Данные Табл. 2 явно свидетельствуют об увеличении общего количества регистрируемых событий после открытия станции SVZ. При этом отметим, что преобладающая часть землетрясений, регистрируемых станцией SVZ, не учитывается нами в общей статистике в связи с тем, что эти события регистрируются только этой станцией. Для определения координат эпицентра землетрясения нужно использовать записи не менее трех сейсмических станций. Данный факт подтверждает актуальность развития сейсмических сетей в Российской Арктике.

Таблица 2 – Количество землетрясений, зарегистрированных в 2017-2018 гг. Архангельской сейсмической сетью с учетом и без работы станции SVZ

Годы	Количество зарегистрированных землетрясений	
	Архангельская сейсмическая сеть без станции SVZ	Архангельская сейсмическая сеть с учетом работы станции SVZ
2017	281	340
2018	215	314

На Рис. 2 приведено сравнение суточных спектров мощности микросейсм станции SVZ за разные месяцы 2017 г. с обобщением по моделям Петерсона [3], из которого видно, что повышение уровня микросейсмического фона происходит с июля–августа по сентябрь, что связано, вероятно, с общим увеличением хозяйственной деятельности в летний арктический период, открытым морем и таянием снежного покрова, снижающим влияние экзогенных факторов [1]. Кроме того, отметим, что спектры мощностей микросейсм данной станции не превышают пределы микросейсмического шума, обобщенные по [3], что свидетельствует о низком уровне техногенных помех, что и позволяет получать качественные сейсмические записи регистрируемых землетрясений.



NLNM и NHNM — модели низкого и высокого микросейсмического шума соответственно; 1 – май, 2 – август, 3 – октябрь; 4 – декабрь  
 Рис. 2 – Сравнение суточных спектров мощности микросейсм станции SVZ за разные месяцы 2017 г. с обобщением по моделям Петерсона [1]

В заключение отметим, что представленные результаты демонстрируют важность открытия островной сейсмической станции «Северная Земля» для расширения представлений о сейсмичности Баренцево-Карского региона. Несмотря на прогресс в мониторинге сейсмичности Арктики, необходимо дальнейшее совершенствование системы наблюдений, что связано с открытием новых сейсмических станций в рассматриваемом регионе.

*Исследования проведены частично в ходе выполнения темы НИР лаборатории сейсмологии (№ госрегистрации АААА-А18-118012490072-7) и проекта РФФИ 18-05-70018.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоновская Г.Н., Ковалёв С.М., Конечная Я.В., Смирнов В.Н., Данилов А.В. Новые сведения о сейсмичности Российской Арктики по данным пункта сейсмических наблюдений «Северная Земля» // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64. No 2. 181с.
2. Антоновская Г.Н. Сейсмический мониторинг состояния антропогенных объектов и территорий их размещения, включая Крайний Север // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. 2018 г. 317 с.
3. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // Open-File Report 93–322. 1993. 95 p.

## ИЗМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРА В ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

*А.С. Тышов, А.И. Малов, Е.Ю. Яковлев, С.В. Дружинин*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, tyshov@yandex.ru

На территории Юго-Восточного Беломорья (северо-запад Архангельской области) широко распространены минеральные воды редких и уникальных типов, сформированные в результате совокупного действия геологических и географо-климатических факторов [1, 2]. Близость к морю определяет сложность гидрохимических условий в водоносных горизонтах. Также в подземных водах отмечаются повышенные концентрации радионуклидов, главным образом урана, которые характерны для песчаных коллекторов [3, 4]. В связи с активным вовлечением подземных вод севера Архангельской области в хозяйственный оборот, в том числе для бальнеологических, а также питьевых целей для водоснабжения крупных населенных пунктов и вахтовых поселков, актуальной задачей является прогноз изменения изотопного и химического состава подземных вод при длительной эксплуатации водозаборов. В настоящей работе представлены результаты многолетних исследований изменения химического и радионуклидного состава питьевых подземных вод на примере одного из водозаборов севера Архангельской области. В гидрогеологическом отношении в районе водозабора представлены следующие водоносные горизонты преимущественно с пресными водами: голоценовый водоносный комплекс – Q, средневерхнекаменноугольный водоносный комплекс – C<sub>2+3</sub>, урзугско-воереченский водоносный комплекс – C<sub>2ur-vrc</sub>, падунский водоносный комплекс – V<sub>2pd</sub>. Для мезенского слабоводоносного комплекса – V<sub>2mz</sub> характерна повышенная минерализация подземных вод (6 - 19 г/л) и преобладание ионов хлора и натрия. В составе водозабора имеются две эксплуатационные скважины 2э и 3э, расположенные на расстоянии около 50 м друг от друга. Скважина 2э является рабочей, а скважина 3э – резервная. Скважины имеют глубину 190 м и оборудованы на среднюю часть падунского водоносного комплекса. 8 наблюдательных скважин оборудованы на горизонты C<sub>2+3</sub>, C<sub>2ur-vrc</sub> и V<sub>2pd</sub>.

Анализ результатов изменений гидрохимического состава подземных вод за 2005-2018 годы показывает, что для подземных вод скважин 2э и 3э, представляющих водоносный горизонт падунской свиты венда, характерны наиболее высокие значения сухого остатка 158-178 мг/л, причем они выше в скважине 2э (Рис. 1). Это может свидетельствовать о дренировании скважиной 2э несколько более глубоких зон водоносного горизонта по сравнению со скважиной 3э. Вместе с тем, такие значения сухого остатка позволяют относить их к ультрапресным, щелочным, формирующим свой состав за счет растворения карбонатов. Содержание бикарбонатов 160-190 мг/л, кальция – 50-60 мг/л, натрия – 3 мг/л, хлора - 6 мг/л (Рис. 1). Как видно из анализа гидрохимических данных влияние морских вод и рассолов отсутствует в связи с тем, что водозабор находится на водоразделе.

Значительно более сложная картина характерна для изотопного состава урана (Рис. 2). В скважине 2э на протяжении 2014 года наблюдалось убывание изотопного отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , но в марте-мае 2015 года это отношение увеличилось до 6,5, а затем снизилось до 3,8 в июне и снова начало возрастать. В сентябре отношение  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  достигло максимума за два года до 8 единиц. К концу 2015 года значение отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  приобрело среднее значение для этой скважины 5,7-5,8. В мае 2018 г. наблюдалось снижение значения величины отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  в скважине 2э, а в

июле и октябре 2018 г превысило 7. В скважине 3э значение отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  стабилизировалось с декабря 2016 года по настоящее время и составляет 2 единицы.

Концентрации урана, напротив, выше в скважине 3э по сравнению со скважиной 2э: 9 и 2 мкг/л, соответственно.

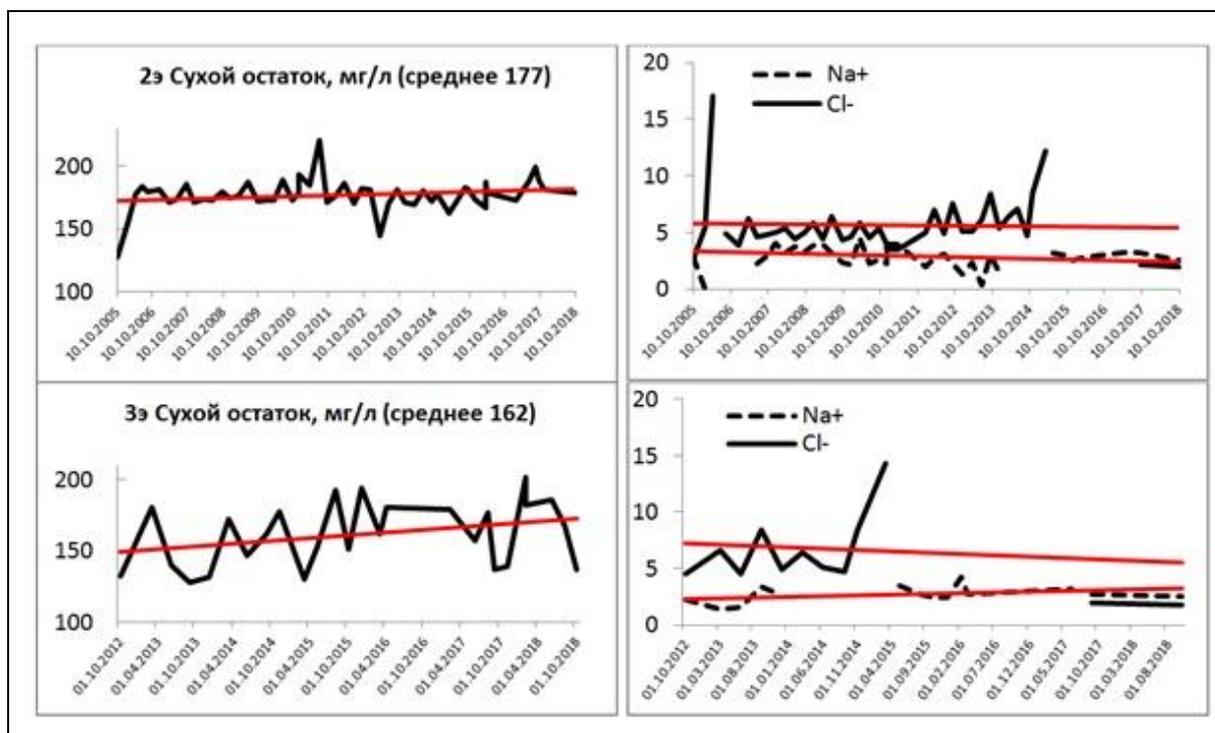


Рис. 1 – Изменение значений сухого остатка, натрия и хлора в подземных водах скважин 2э и 3э в 2005-2018 годах

Известно, что окислительная щелочная обстановка является благоприятной для нахождения урана в подземных водах в виде уранил-карбонатных комплексов, в восстановительной же обстановке его содержания в воде резко снижаются [5].

Судя по значительным колебаниям уран-изотопного состава подземных вод в двух сближенных скважинах можно говорить о том, что падунский водоносный комплекс Vpd характеризуется хаотической неоднородностью. В его разрезе выделяются отдельные зоны сложной конфигурации, видимо характеризующиеся повышенной фильтрационной проницаемостью за счет повышенной трещиноватости и (или) более крупного гранулометрического состава. По этим зонам происходит основное движение подземных вод к эксплуатационным скважинам. Они разделяются более монолитными зонами, возможно за счет пониженной трещиноватости и повышенной глинистости. Поэтому различия в уран-изотопном составе по двум рядом расположенным скважинам могут быть связаны с получением воды из двух различных зон, отличающихся по степени трещиноватости и степени раздробленности заполняющего трещины материала. Также возможно различие окислительно-восстановительных условий.

Высокие отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  (~6 и более) и пониженные концентрации урана (~2 ppb) в пресных водах скважины 2э (Рис. 2) могут быть связаны с пониженными скоростями движения воды в питающей её зоне и пониженной растворимостью отложений, представленных более тонким материалом, что определяет большие значения площади взаимодействия вода-порода и низкие скорости перехода урана в воду. Низкие значения отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  (~2,5) и повышенные концентрации урана (~9 ppb) в пресных водах скважины 3э (Рис. 2) могут быть связаны с повышенными скоростями движения воды в питающей её зоне и повышенной растворимостью

отложений, представленных более крупным материалом, что определяет малые значения площади взаимодействия вода-порода и высокие скорости перехода урана в воду.

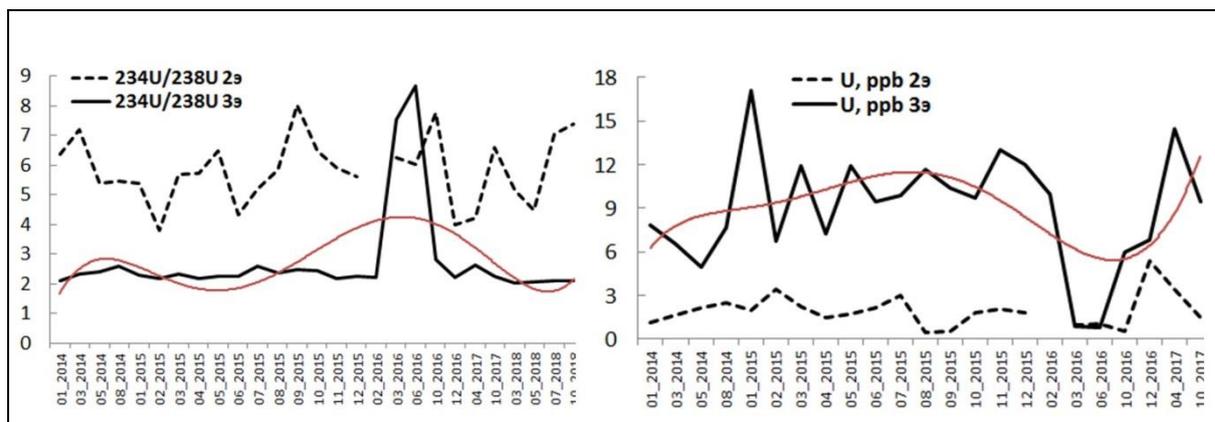


Рис. 2 – Изменение концентраций урана и отношения изотопов  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  в подземных водах скважин 2Э и 3Э.

Однако, после интенсивной эксплуатации скважины 3Э в сентябре 2015 г. – марте 2016 г. (при бездействии скважины 2Э), в марте-июне 2016 г. наблюдались резкий рост в её воде значений отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  (~8) и пониженные концентрации урана (~1 ppb). Это свидетельствует о возможности восстановления взаимосвязи двух зон, причем при смешивании воды из них преобладает доля воды из зоны, питающей скважину 2Э, то есть, по-видимому, она имеет более широкое развитие. Зону, питающую скважину 3Э, можно, скорее всего, рассматривать как подчиненную, развитую локально. Подток воды из более глубоких горизонтов, в которых распространены соленые воды, не просматривается ввиду практического отсутствия ионов хлора и натрия в воде скважин 2Э и 3Э.

Для ответа на вопрос о причинах значительных колебаний во времени изотопного состава урана в подземных водах водозабора, которые напрямую влияют на изменение радиационного качества питьевых вод, необходимо проведение дальнейших исследований. Значительный интерес, в качестве индикаторов гидрогеологических процессов помимо  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$ , представляет исследование изотопов  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ - $^{14}\text{C}$ , которые дадут дополнительную информацию об особенностях формирования радионуклидного и химического состава подземных вод водозабора при длительной его эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малов А.И. Экологические функции подземных вод. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. - 168 с.
2. Редкие типы минеральных вод Среднерусского артезианского бассейна / Под ред. А. И. Короткова, А. А. Потапова, В. Г. Румынина. СПб.: Наука, 2013. – 303 с.
3. Малов А.И., Киселев Г.П., Рудик Г.П., Зыков С.Б. Изотопы урана в подземных водах венда Мезенской синеклизы // Водные ресурсы. 2009. Т.36. №6. С. 711-721.
4. Малов А.И., Гонтарев М.В., Зыков С.Б., Поршнева А.И. Многолетние изменения активностей изотопов урана в подземных водах венда мезенской синеклизы // Arctic Environmental Research. №2, 2014. С. 23–31.
5. Malov A.I. Estimation of uranium migration parameters in sandstone aquifers // Journal of Environmental Radioactivity. 2016. Vol. 153. P. 61-67.

## ВЛИЯНИЕ МОДУЛЯ РАЗМЕРНОЙ ШКАЛЫ СИТ НА РЕЗУЛЬТАТ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

*А.Б. Худаярова, С.Д. Балыкова*

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, a.khudayarova@mail.ru, balykova@geol.msu.ru

Гранулометрический состав песчаных грунтов является одним из важнейших показателей его строения. Корректная оценка крупности и степени неоднородности песков позволяет субъективно оценить взаимосвязь гранулометрических показателей грунтов и их плотностных и физико-механических свойств.

**Методика.** Для исследования были выбраны образцы песчаных пород разного генезиса, гранулометрического и минерального состава. Гранулометрический состав песков определялся согласно ГОСТ 12536-2014 ситовым методом с разными модулями размерной шкалы сит: с применением традиционного в последнее время набора (далее – стандартный анализ) с размером отверстий сит 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05 мм; и с модулем сит  $M = \sqrt[10]{10} = 1,26$  (далее - дробный анализ) с размером отверстий сит 10; 7; 5; 3; 2,5; 1,6; 1; 0,63; 0,4; 0,35; 0,2; 0,16; 0,1; 0,06; 0,05 мм.

Для оценки гранулометрического состава были рассчитаны следующие параметры: степень неоднородности (по Хазену) –  $C_u = d_{60}/d_{10}$ , коэффициент отсортированности (по Траску)  $K_{от} = d_{75}/d_{25}$ , коэффициент отсортированности (по П.И.Фадееву)  $K_{оф} = d_{90}/d_{10}$ , коэффициент неоднородности (по В.Д.Мелентьеву):  $\Pi = d_{50} \cdot (d_{90}/d_{10})$ , параметр максимальной неоднородности (по И.В.Дудлеру)  $\Pi_m = d_{50} \cdot (d_{95}/d_5)$ , медиана и мода.

Крупность песков оценивалась согласно ГОСТ 25100-2011 и классификации Е.М.Сергеева [1, 2].

Классификация песков по степени неоднородности, предложенная П.И.Фадеевым, построенная с учетом четырех коэффициентов гранулометрической неоднородности песков, является наиболее удобной с практической точки зрения для оценки степени неоднородности песчаных грунтов [3].

Перечень и характеристика исследуемых грунтов представлена в Табл. 1. Результаты исследования представлены на Рис. 1, 2 и в Табл. 2.

### ***Анализ кривых распределения частиц изученных песков***

Кривые распределения частиц однородных и неоднородных песков имеют различные особенности: однородные отличаются одноmodalностью дифференциальных кривых, наличием прямолинейного участка на интегральных кривых (Рис. 1). Однако отмечается также и отличие между кривыми дробного и стандартного анализа. Дифференциальные кривые, полученные по результатам стандартного анализа, имеют большие значения эксцесса. Стоит отметить, что интегральные кривые дробного анализа имеют меньшие углы наклона кривых, что свидетельствуют о меньшей степени однородности (Рис. 1).

Дифференциальные кривые гранулометрического состава однородных песков (образцы №1-4) одноmodalные. Для них характерна отрицательная асимметрия независимо от набора сит.

Для неоднородных песков (образцы №5-8) особенности неоднородности грансостава отчетливо прослеживаются при дробном анализе. На их интегральных кривых гранулометрического состава отсутствует прямолинейный участок (Рис. 2). Следует отметить, что ни одна из применяемых нами показателей гранулометрического состава не может проанализировать эти перегибы интегральных кривых, что создают сложности при его оценке.

Дифференциальные кривые распределения частиц неоднородных являются полимодальными. Стоит отметить увеличение модальности кривых распределения неоднородных песков с увеличением дисперсности и по результатам дробного анализа.

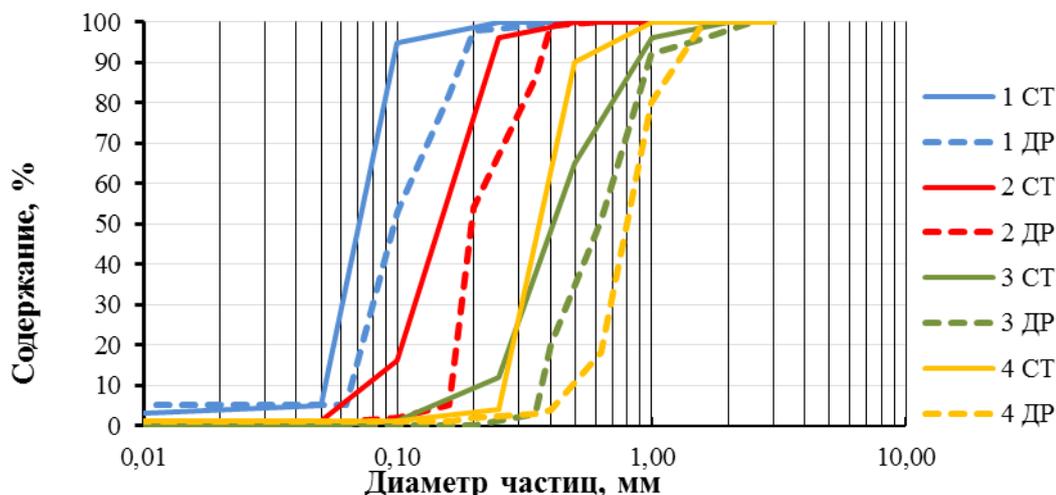


Рис. 1 – Дифференциальные кривые распределения частиц однородных образцов (№1-4)

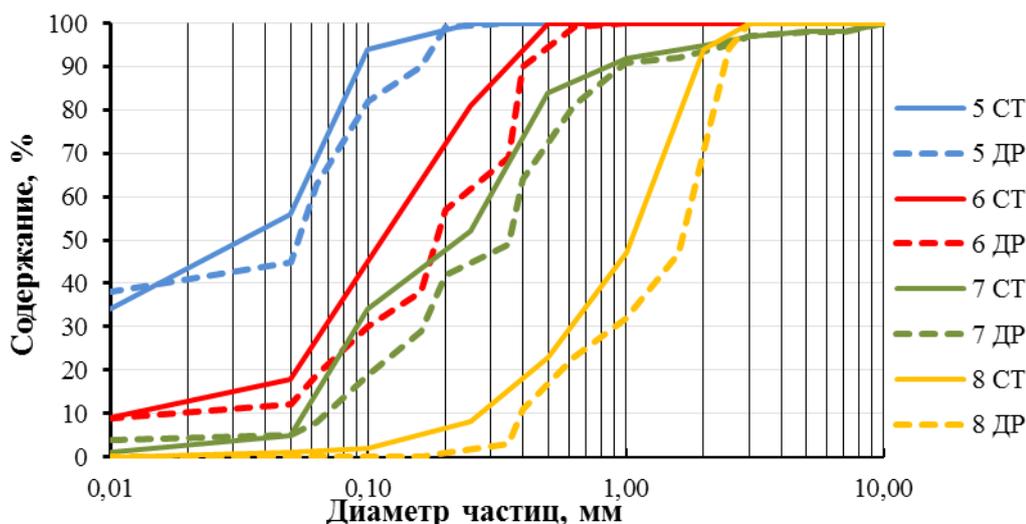


Рис. 2 – Дифференциальные кривые распределения частиц неоднородных образцов (№5-8)

Отметим, что на интегральных кривых (Рис. 1 и 2) во всех случаях видно смещение кривых в сторону уменьшения дисперсности, что соответственно влечет и увеличение медианы.

По классификации ГОСТ 25100-2011 однородные песчаные грунты (№1-4) классифицируются одинаково как для дробного, так и для стандартного анализа. Однако у образца №2 р. Шуя результаты отличаются: в стандартном анализе образец относится к пескам средней крупности, а в дробном – к пескам мелким. Почти большая часть образца, полученная по дробному анализу, сосредоточена в границах 0,16-0,2 мм (Рис. 1, 2 ДР). При стандартном наборе сит данная граница не прослеживается, что дает ложную характеристику крупности.

Таблица 1 – Перечень и характеристика изученных образцов

№ пп	Наименовани, место отбора	Генезис	Набор сиг*	Название по ГОСТ 25100-2011	Название по Е.М.Сергееву	$C_u = d_{60}/d_{10}$	$K_{от} = d_{75}/d_{25}$	$K_{оф} = d_{90}/d_{10}$	$\Pi = d_{50} \cdot (d_{90}/d_{10})$	$\Pi_{н} = d_{50} \cdot (d_{95}/d_{5})$	Медина	мода
1	Индийский океан, ГОА	морской	СТ	Песок мелкий	Мелкий чистый	1,78	1,63	2,09	0,15	0,18	0,07	0,10
			ДР	Песок мелкий	Мелкий чистый	1,90	2,35	3,10	0,30	0,36	0,10	0,10
2	Карелия, р. Шуя	аллювиальный	СТ	Песок средней крупности	Среднезернистый	2,00	1,94	3,13	1,28	1,95	0,41	0.5-0.57
			ДР	Песок мелкий	Мелко-среднезернистый	1,84	2,00	2,50	1,53	2,64	0,61	0.85-0.95
3	Карелия, Линдозеро		СТ	песок крупный	крупно-среднезернистый	2,00	1,94	3,13	1,28	1,95	0,41	0.5-0.57
			ДР	песок средней крупности	крупно-среднезернистый	1,84	2,00	2,50	1,53	2,64	0,61	0.85-0.95
4	Карелия, оз. Вагатозеро	озерный	СТ	Песок крупный	Крупнозернистый	1,43	1,40	1,79	0,66	0,89	0,37	0,50
			ДР	Песок крупный	Грубо-крупнозернистый	1,67	1,40	2,16	1,73	2,40	0,80	0,63
5	Конди, камы, образец 4, глубина 2,5 м		СТ	песок пылеватый	тонкозернистый	-	-	-	-	-	0,03	0.09-0.1
			ДР	песок пылеватый	тонкозернистый	-	-	-	-	-	0,07	полимодальный

№ пп	Наименовани, место отбора	Генезис	Набор сит*	Название по ГОСТ 25100-2011	Название Е.М.Сергееву по	$C_u = d_{60}/d_{10}$	$K_{01} = d_{75}/d_{25}$	$K_{0ф} = d_{90}/d_{10}$	$\Pi = d_{50} \cdot (d_{90}/d_{10})$	$\Pi_M = d_{50} \cdot (d_{95}/d_5)$	Медина	мода
6	Конди, камы, обр. 1, глубина 4 м		СТ	песок средней крупности	мелко- среднезернистый пылеватый	-	3,23	-	-	-	0,11	0.18-0.28
			ДР	песок мелкий	средне- мелкозернистый пылеватый	21,00	4,63	40,00	7,20	-	0,18	полимодальный
7	озеро Лавалампи	ледниковые	СТ	песок мелкий	средне- мелкозернистый гравелистый	5,00	5,00	11,67	2,57	8,80	0,22	бимодальный
			ДР	песок средней крупности	мелко- среднезернистый гравелистый	5,43	3,92	12,86	4,63	18,00	0,36	полимодальный
8	Испания, Carret de Palamas	морской	СТ	Песок крупный	Крупно- грубозернистый	4,00	2,88	6,00	6,60	11,00	1,10	2,00
			ДР	Песок крупный	Крупно- грубозернистый	4,50	3,00	5,75	9,78	11,18	1,70	полимодальный

Примечание:

\*СТ-результаты, полученные по стандартному анализу, ДР-результаты, полученные по дробному анализу

Совсем иначе выглядят результаты неоднородных песков (№5-8): по классификации ГОСТ 25100-2011 образцы классифицируются отлично по стандартному и дробному анализу практически для всех песков кроме пылеватых.

В целом, классификация наиболее чувствительна к результатам стандартного и дробного анализов в случае неоднородных песков мелких и средней крупности.

В соответствии с *классификацией Е.С.Сергеева* лишь в одном случае у нас встречается чистый песок (образец №1). Данный образец отличается не только высокой степенью отсортированности, но и однородностью минерального состава. Классификация Е.С.Сергеева более дробно оценивает дисперсность грунтов.

Большинство образцов можно охарактеризовать как «межграницные» - то есть отсутствует преобладание определенной фракции. Так, например, образец №4 по стандартному анализу относится к крупнозернистым пескам, а по дробному – к грубокрупнозернистым. В рассматриваемом случае более полную характеристику грансостава предоставляют материалы дробного анализа. Образцы №6, 7 по классификации Е.М.Сергеева можно также охарактеризовать как «межграницные» независимо от типа анализа. Следует отметить, что для крупного и пылеватого песка (обр.№5 и 8 соответственно) различная разбивка мод сит не повлияла на название. В отличие от классификации ГОСТ 25100-2011, классификация Е.М.Сергеева чувствительна не только для неоднородных, но и для однородных полиминеральных песчаных грунтов.

*Неоднородность* грунтов оценивалась согласно категориям неоднородности П.И.Фадеева. Для образцов №1-4 пески по дробному и стандартному анализу относятся к различным категориям. Все образцы, которые заведомо являлись однородными по стандартному анализу (по ГОСТ 25100-2011), в дробном анализе перешли в категорию квазиоднородных. Параметром определения образцов в более неоднородную категорию является коэффициент неоднородности (по В.Д.Мелентьеву) *П*, который включает в себя такой показатель как медиана. Совсем иная ситуация в случае с неоднородными грунтами (образцы № 5-8). Возникают трудности при определении показателей неоднородности грансостава в виду полимодальности дифференциальных кривых, а также отсутствия прямолинейного участка на интегральных кривых. Для пылеватых или тонкозернистых песков не предусмотрена более дробная оценка, что, прежде всего, связано с трудностями разделения пылеватых фракций с помощью сит. Именно поэтому как в случае стандартного, так и дробного анализа названия рассматриваемого образца по ГОСТ 25100-2011 и классификации Е.М.Сергеева совпадают.

Таким образом, из вышеописанного можно сделать следующие выводы:

- 1) При дробном анализе отмечается смещение кривых распределения частиц в сторону увеличения крупности и, соответственно, увеличения медианы.
- 2) Дробный анализ позволяет более точно оценить отсортированность для неоднородных полиминеральных песков мелких и средней крупности.
- 3) В целом результаты дробного анализа переводят пески в более дисперсную и неоднородную категорию, что может дать неправильную предварительную оценку физико-механических свойств грунтов.
- 4) Наиболее чувствительный к различиям кривых стандартного и дробного анализов оказался коэффициент неоднородности по В.Д.Мелентьеву *П*. Именно по данному показателю изменялась категория грунта по неоднородности по П.И.Фадееву.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 17-05-00944а).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Изд-во стандартов, 2011. 78 с.
2. Сергеев Е.М. Грануло-минералогическая классификация песков. Вестн. МГУ, сер. физ.-мат. и естеств. наук, № 12, 1953.
3. Фадеев П.И. Методические рекомендации по изучению и использованию гранулометрии песчаных пород в инженерно-геологических целях. М.: Изд-во МГУ, 1974. 112 с.

## АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЁР АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*В.П. Шевченко<sup>1</sup>, Д.П. Стародымова<sup>1</sup>, Р.А. Алиев<sup>2</sup>, Н.М. Кокрятская<sup>3</sup>, Д.А. Субетто<sup>4</sup>, А.В. Чупаков<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, vshevch@ocean.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск

<sup>4</sup>Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург

### ***Введение***

Донные осадки озер имеют свойство накапливать все виды загрязнений, поэтому они являются природными архивами и могут быть использованы для реконструкции экологической обстановки прошлого [1–5]. Отличительной особенностью озерных осадков является сравнительно высокая скорость осадконакопления [3]. Малые озера отображают поступление загрязняющих веществ из атмосферы. Атмосферный перенос – это важный путь поступления рассеянного осадочного вещества в океаны, моря, озера [6, 7]. Озерные осадки некоторых промышленно развитых районов хорошо изучены в отношении накопления тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Pb и др.) [3]. Особое внимание уделяется озерам, находящимся поблизости от металлургических комбинатов, например, на Кольском полуострове [8]. Удаленные от локальных источников антропогенного загрязнения, они накапливают информацию о поступлении поллютантов из атмосферы от региональных и глобальных источников, а также дают возможность проследить изменения атмосферного загрязнения, сравнить современный уровень с доиндустриальным.

В Архангельской области в качестве удалённых от локальных источников загрязнений нами были выбраны озеро Пежихерьё в Кенозерском национальном парке, озеро Светлое на западном склоне Беломорско-Кулойского плато и два малых озера в урочище Пымвашор (Рис. 1).

Рельеф в районе озера Пежихерьё образован подходящими близко к поверхности палеозойскими породами (главным образом известняками и мергелями), покрытыми незначительным по мощности слоем морены четвертичных наносов морского и ледникового происхождения; котловины расположенных здесь озёр имеют ледниковое и ледниково-тектоническое происхождение.

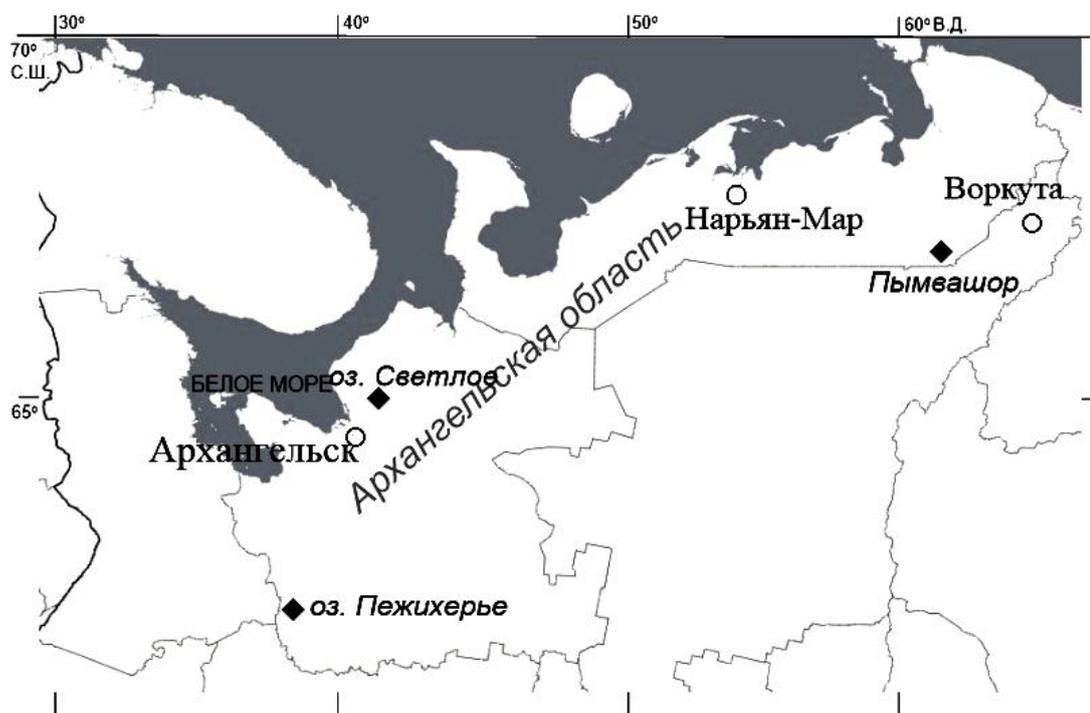


Рис. 1 – Схема расположения исследованных озёр

Озеро Светлое представляет собой малое глубоководное меромиктическое озеро. Берега озера крутые, сформированы песчаником и ледниковыми отложениями. Урочище Пымвашор расположено на востоке Большеземельской тундры и является самым северным в континентальной части Европы местом, где действуют термальные источники и происходит накопление травертинов [9].

#### **Материалы и методы**

Пробы отбирали с помощью трубки гравитационного типа с вакуумным клапаном. На озере Пежихерье летом 2008 г. были отобраны две колонки – одна на глубоководье (порядка 20 м, реперная станция,  $61^{\circ}49.323'$  с.ш.,  $37^{\circ}59.818'$  в.д.), другая на глубине 6 м (ст. 20,  $61^{\circ}49.609'$  с.ш.,  $37^{\circ}59.352'$  в.д.). Длина колонок составила 56 и 70 см. В озере Светлом 50-см колонка была отобрана в апреле 2014 г. в наиболее глубокой его части ( $65^{\circ}8,302'$  с.ш.,  $41^{\circ}10,835'$  в.д., гл. 36 м). В урочище Пымвашор пробоотбор проводился в сентябре 2010 г. в двух точках. Керн длиной 14 см отобран в озере № 1 (ЛРУМ-1) в точке с координатами  $67^{\circ}9.631'$  с.ш.,  $60^{\circ}51.67'$  в.д. Пробоотборник уткнулся в коренные породы (известняки нижнего карбона). Озеро № 2 (ЛРУМ-2) подстилается глинами, под которыми залегают известняки нижнего карбона. Керн длиной 38 см был отобран в этом озере в точке с координатами  $67^{\circ}9.867'$  с.ш.,  $60^{\circ}51.166'$  в.д.

В лаборатории пробы были высушены и измельчены до состояния пудры, после чего проанализированы. Для оценки скорости осадконакопления была измерена активность  $^{210}\text{Pb}$ , которая определялась гамма-спектрометрически по линии 46.5 кэВ с помощью спектрометра с планарным полупроводниковым детектором из сверхчистого германия GLP-36360/13P4 Ortec. Калибровка проводилась по стандартному образцу IAEA-448. Активность  $^{137}\text{Cs}$  определяли гамма-спектрометрически по линии 661.6 кэВ с помощью спектрометра с коаксиальным полупроводниковым детектором из сверхчистого германия GEM30P4-76 Ortec. Калибровку проводили по интеркалибровочному препарату MAPER 97 S 4. Более подробно методика описана в работе [10].

Для определения элементного состава навески растёртых проб были разложены смесью концентрированных кислот ( $\text{HF}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ) выпарены до растворимых солей. Осадок был растворён в подкисленной  $\text{HNO}_3$  воде. В полученных растворах

концентрации химических элементов были определены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборах Finnigan™ ELEMENT2 (озеро Пежихерье), Agilent 7500 (озеро Светлое) и X-7, Thermo Elemental (озера урочища Пымвашор) [7, 11–13]. Для обеспечения точности измерений были использованы следующие стандарты: LKSD-1 (озерные осадки), GSD-5, GSD-7 (речные осадки), BHVO-2 (базальт). Стандартные образцы подвергались тем же процедурам, что и пробы.

Для выявления вклада литогенного и иных (антропогенный, биогенный) источников осадочного вещества был вычислен коэффициент обогащения (КО) по формуле:

$$КО = (\text{Элемент}/Sc)_{\text{пробы}} / (\text{Элемент}/Sc)_{\text{з.к.}},$$

где «Элемент» и Sc – это содержание элемента и скандия в пробе и земной коре (з.к.) соответственно [14]. Элементы, для которых значение КО не превышает 3, имеют преимущественно литогенный источник, близкий по составу к земной коре. Элементы, для которых КО превышает 3, имеют какой-либо дополнительный источник.

### ***Результаты и их обсуждение***

Донные осадки оз. Пежихерье характеризуются некоторой неоднородностью, которая выражается в изменении скорости осадконакопления с глубиной. На реперной точке в интервале 0–9.5 см скорость осадконакопления составила 4.1 мм/год, а в интервале 9.5–16 см – 0.9 мм/год. Таким образом, верхняя часть колонки (до 9.5 см) образовалась за последние 23 года, а возраст слоя 15–16 см можно оценить как 90–100 лет. Такая резкая смена скорости осадконакопления может быть вызвана изменением гидрологических условий в водосборе озера Пежихерье или эвтрофикацией озера [11]. В донных осадках озера Светлого средняя скорость осадконакопления в слое 0–15 см составила 1.4 мм/год. Таким образом, верхние 14 см отлагались примерно в последние 100 лет [7, 12]. В урочище Пымвашор скорость осадконакопления в озере № 2 составила 2 мм/год. Значит, верхние 26 см осадка накопились приблизительно за 130 лет [13]. Для керна донных осадков озера № 1 скорость осадконакопления определить не удалось, т.к. измеренные активности <sup>210</sup>Pb были распределены беспорядочно, что свидетельствует о перемешивании слоёв и не позволяет выявить тенденции в накоплении тяжелых металлов.

В Табл. 1 приведены данные по содержанию ряда тяжёлых металлов в поверхностном слое изученных нами озёр и некоторых озёр севера Европы. Содержание большинства тяжёлых металлов в изученных озёрах Архангельской области сопоставимо со значениями, опубликованными для других фоновых районов, а содержание меди и никеля на два порядка ниже, чем вблизи Мончегорска (Мурманская область), где находится крупный медно-никелевый комбинат [8].

Сравнительно высокое значение содержания свинца в поверхностном слое донных осадков озера Светлого (116 мкг/г), вероятно, свидетельствует об аэротехногенном загрязнении со стороны крупной промышленной агломерации Архангельск – Северодвинск – Новодвинск.

В донных осадках озера Пежихерье значения КО для большинства элементов близки к 1 [11]. Значит, литогенный источник является основным для этих элементов. КО такими элементами, как Zn, Pb, Sb, Bi, Cd превышают 3. В первую очередь обогащение озерных осадков этими элементами объясняется их высокой способностью к биоаккумуляции и к абсорбции на частицах пелита. Также на их содержание оказывает влияние эоловые поставки путем дальнего атмосферного переноса от промышленных источников [6, 7]. Значения КО для сурьмы, свинца и кадмия в верхнем слое осадка значительно выше, чем в слое 25–30 см, который отлагался предположительно в конце XVIII–начале XIX вв.

Таблица 1 - Содержание (мкг/г) тяжёлых металлов в поверхностном слое (0–1 см) донных осадков озёр

Озеро	Ni	Cu	Zn	Cd	Sb	Pb	Источник
Архангельская область							
Пежихерье, реперная точка	33.7	34.6	201	2.31	1.4	53.4	[11]
Пежихерье, ст. 20	32.1	30.7	231	1.54	0.98	41.3	[11]
Светлое	16	19	140	1.2	1.9	116	[7]
Пымвашор, озеро 1	19.1	8.8	110	0.62	0.32	8	[13]
Пымвашор, озеро 2	7.2	8.3	92.6	0.73	0.21	7.3	[13]
Другие регионы							
Озеро в 30 км к западу от Воркуты (Республика Коми)				1.5		17	[15]
Южная Швеция, фоновые районы (среднее значение)		16	90	0.6	30		[2]
Северная Швеция, фоновые районы (среднее значение)		16	100	0.3		<10	[2]
Мончеозеро (Мурманская область)	1638	734	119	0.51		15.2	[8]

Результаты элементного анализа донных осадков озера Светлого показали, что никель и медь распределены в колонке равномерно, в то время как цинк, кадмий, свинец, сурьма и ртуть демонстрируют резкое возрастание содержаний в верхних 15 см колонки [7]. Значения КО, близкие к 1 (Mn, Co, La, Sr, Lu), означают преобладание источника вещества с составом, близким к составу земной коры. Значения КО для Sb, Zn, Pb, Cd и Hg превышают 10, что говорит о дополнительном привносе вещества из нелигитогенных источников (биогенного, антропогенного и др.). Высокие значения КО могут быть обусловлены сродством элементов с органическим веществом. Для цинка КО в верхнем слое лишь незначительно превышает КО в глубинной части, в то время как значения КО для Sb, Pb, Cd, Hg увеличились значительно, что говорит о существенном увеличении поступления этих элементов в донные осадки оз. Светлое за последние 100–150 лет за счёт дальнего воздушного переноса и осаждения из атмосферы [6, 7].

В поверхностном слое (0–1 см) донных осадков озёр урочища Пымвашор высокие значения КО характерны для Pb, Mn, Sb, Ca, Ag, Mo, As, Zn ( $10 < КО < 38$ ). Максимальные КО в верхнем слое осадков получены для P (105) и Cd (224). Обогащение верхнего слоя осадков такими элементами как Mn, Ca, P связано с биофильностью этих элементов [3, 12, 13]. Только Pb, Zn, P и Bi характеризуются более значительным обогащением в верхнем слое по сравнению с более глубокими слоями. Содержание этих элементов существенно возросло за последние 130 лет за счёт дальнего воздушного переноса от промышленных центров и осаждения из атмосферы. Аналогичное увеличение содержания этих металлов с конца XIX века, когда началось активное развитие промышленности в Европе и Северной Америке, зафиксировано в донных осадках озёр [2, 3].

### **Выводы**

Сравнение содержания тяжелых металлов в поверхностном слое донных осадков изученных озер Архангельской области, расположенных в фоновых районах (Пежихерье, Светлое и малые озёра урочища Пымвашор), с опубликованными данными по озерам севера Европы говорит о том, что эти озёра не подвержены в значительной степени аэротехногенному загрязнению.

Содержание Pb, Bi, Sb, Cd и коэффициенты обогащения относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры значительно увеличились в донных осадках изученных озёр за последние 100–130 лет за счёт дальнего воздушного

переноса от промышленных источников и осадения из атмосферы, как и в большинстве районов севера Европы.

*Авторы признательны всем коллегам, участвовавшим в исследованиях элементного состава донных осадков озёр Архангельской области. Авторы благодарят академика А.П. Лисицына за поддержку и ценные советы.*

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 19-05-00938-а)*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов Ю.А., Купцов В.М., Шевченко В.П. и др. Современные потоки химических элементов из водной толщи в донные осадки озера Байкал // Доклады Академии наук. 1997. Т. 352. № 1. С. 100-104.
2. Johansson K., Andersson A., Andersson T. Regional accumulation pattern of heavy metals in lake sediments and forest soils in Sweden // The Science of the Total Environment. 1995. Vol. 160/161. P. 373-380.
3. Smol J.P. Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective. London: Arnold, 2002. 208 p.
4. Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В. и др. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // Доклады Академии наук. 2012. Т. 446. № 2. С. 183-190.
5. Ovsepyan A.E., Fedorov Y.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. Features of accumulation of mercury in the bottom sediments of lakes in Arkhangelsk and its surrounding area // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th, Albena, Bulgaria, 2015. P. 353-360.
6. Шевченко В.П. Аэрозоли – влияние на осадконакопление и условия среды в Арктике. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2000. 213 с.
7. Стародымова Д.П. Атмосферная поставка рассеянного осадочного вещества в Белое море и на его водосбор. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2018. 225 с.
8. Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Кашулин Н.А., Сандимиров С.С. Химический состав донных отложений озёр в зоне влияния атмосферных выбросов комбината “Североникель” // Геохимия. 2010. № 11. С. 1224-1229.
9. Функционирование субарктической гидротермальной экосистемы в зимний период / Под ред. Боголицына К.Г., Болотова И.Н. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 252 с.
10. Aliev R.A., Bobrov V.A., Kalmykov S.N. et al. Natural and artificial radionuclides as a tool for sedimentation studies in the Arctic region // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2007. V. 274. No. 2. P. 315-321.
11. Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Кокрятская Н.М. и др. Геохимия донных осадков малого озера (водосбор Онежского озера, Архангельская область) // Успехи современного естествознания. 2016. № 9. С. 172-177.
12. Шевченко В.П., Алиев Р.А., Бобров В.А. и др. Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Отв. ред. Лисицын А.П., ред. Немировская И.А. М.: Научный мир, 2012. С. 70-107.
13. Шевченко В.П. Любас А.А., Стародымова Д.П. и др. Особенности геохимии тяжелых металлов в донных осадках малых озер урочища Пымвашор

- (Большеземельская тундра) // Успехи современного естествознания. 2017. № 1. С. 105-110.
14. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. V. 3: The crust. Amsterdam: Elsevier, 2003. P. 1-64.
  15. Даувальтер В.А. Влияние воздушных выбросов Воркутинского промышленного района на химический состав озёрных донных отложений // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 6. С. 721-725.

**ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ  
КАТАСТРОФЫ АРКТИЧЕСКОГО  
РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ**

---

## ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ БАЙЕСА

*В.А. Березкин*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, vl.br@yandex.ru

Природа Российской Арктики уязвима и чувствительна к антропогенному влиянию. Растущая активность промышленного освоения Арктической зоны, связанная, прежде всего, с использованием углеводородных ресурсов, повышает опасность возникновения аварийных разливов нефти. Наибольшую угрозу несут разливы на море, поскольку способны быстро распространяться на большие расстояния и наносить ущерб морским и береговым экосистемам. Их ликвидация осложнена сложными природно-климатическими условиями и недоступностью региона для людей и техники. В связи с этим минимизация экологического ущерба от разливов нефти является одной из важнейших задач. Для выработки оптимальной стратегии предупреждения и ликвидации разливов необходимо правильно оценить риски для объектов природной среды. В последнее время распространение получили методы оценки рисков, основанные на байесовских сетях (БС). В данной работе представлен обзор основных подходов к оценке рисков с помощью БС.

Математически БС является направленным ациклическим графом. Она состоит из узлов и дуг, отражающих взаимосвязи между узлами. Каждый узел содержит переменную, которая может принимать одно значение из конечного множества несовместных состояний. В этой работе рассмотрены только дискретные величины с конечным числом состояний. Если дуга направлена из узла  $A$  в узел  $B$ , то  $A$  называют родителем, а  $B$  — потомком.

Условная вероятность  $A$  при данной  $B$  определяется по теореме Байеса:

$$p(A|B) = \frac{p(A)p(B|A)}{p(B)}$$

где  $p(A|B)$  — это вероятность переменных в БС после того, как мы приняли во внимание данные; она называется апостериорной вероятностью.  $p(B|A)$  — это так называемое правдоподобие, вероятность данных при условии зафиксированных параметров модели; она задается при конструировании сети. А  $p(B)$  — априорная, она является математической формализацией наших знаний о предмете [1].

В БС каждой переменной  $A$  с родителями  $B_1 \dots B_n$  соответствует таблица условных вероятностей  $p(A|B_1 \dots B_n)$ .

Таким образом, БС является графическим представлением распределения:

$$p(x_1, \dots, x_D) = \prod_{i=1}^D p(x_i | pa(x_i)).$$

где  $pa(x_i)$  — родительские переменные для переменной  $x_i$ .

Расчет такого совместного распределения является трудоемкой задачей. Для распределения из  $n$  бинарных переменных необходимо задать  $2^{n-1}$  значений  $\{0,1\}$ . Это количество растет экспоненциально с увеличением количества переменных [2].

Запись распределения в форме БС позволяет исключить ряд переменных из расчета, вводя условия независимости переменных. Независимыми являются такие

переменные в БС, путь между которыми является  $d$ -разделенным. Чтобы ввести понятие  $d$ -разделенности, рассмотрим следующие варианты связей между узлами:

1) Последовательная связь (Рис. 1).



Рис. 1 - Последовательная связь

Такому графу по теореме умножения вероятностей соответствует разложение:

$$p(A,B,C) = p(A) \cdot p(B|A) \cdot p(C|B)$$

Записав формулу условной вероятности появления А и С при данном В, и подставим в нее формулу выше, получим:

$$p(A,C|B) = \frac{p(A,B,C)}{p(B)} = \frac{p(A) \cdot p(B|A) \cdot p(C|B)}{p(B)} = p(A|B) \cdot p(C|B)$$

Таким образом, по определению независимости случайных величин, переменные А и С независимы при данной В. В этом случае, путь А-С называют  $d$ -разделенным.

2) Расходящаяся связь (Рис. 2)

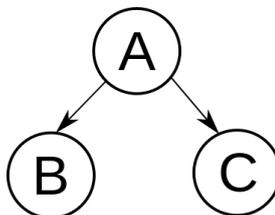


Рис. 2 - Расходящаяся связь

Опустив рассуждения, аналогичные предыдущему случаю, можно заключить, что путь В-С является  $d$ -разделенным при данной А. Иными словами, при известной «причине», «следствия» независимы.

3) Сходящаяся связь (Рис. 3)

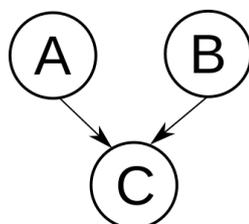


Рис. 3 - Сходящаяся связь

В данном случае ситуация противоположна: при данной С переменные А и В зависимы. Если же С неизвестно, то путь А-В является  $d$ -разделенным.

Результатом расчета БС являются конечное число несовместных состояний и соответствующие им вероятности [3].

Исходя из рассмотренной теории, для построения БС необходимо:

1) Определить переменные (узлы)

Необходимые переменные выбираются исходя из задачи, которую необходимо решить с помощью БС, а также доступности данных. Переменные задаются дискретно, часто в бинарном виде для упрощения расчета, либо с небольшим числом состояний.

2) Задать связи между зависимыми переменными.

3) Задать таблицы распределений вероятностей.

Эта задача является наиболее сложной и трудоемкой, поскольку чаще всего данных недостаточно для статистического определения вероятностей. В случае нехватки информации возможно описать переменную каким-либо распределением (равномерным, нормальным), если есть основания полагать, что переменная распределена в соответствии с каким-либо законом. Распространенным методом для нахождения вероятностей является метод экспертных оценок.

Рассмотрим основные составляющие БС для моделирования разливов нефти. В этом разделе показаны основные принципы построения структуры БС и возможные варианты распределения вероятностей для переменных.

1) Оценка вероятности аварии

Факторы, влияющие на вероятность аварии, зависят от рассматриваемого объекта. Источником разлива может быть нефтяной танкер, подводный трубопровод, буровая или добывающая платформа. Наиболее распространенной причиной является авария танкера. За долгий период использования танкеров для перевозки нефти и нефтепродуктов была накоплена статистика причин аварий, с помощью которой можно оценить вероятности. Вероятностная оценка ледовых и ветровых условий производится на основе метеорологических данных за многолетний период. На Рис. 5 приведен пример БС для оценки вероятностей аварии. В данном варианте исходной переменной является сезон или месяц, в зависимости от которого можно оценить вероятности наблюдения той или иной скорости ветра и ледовой обстановки. Ледовая обстановка также может описываться несколькими переменными, такими как толщина льда, концентрация колотого льда, и др.

Оценка вероятности аварий нефтяных танкеров, в том числе с помощью БС, рассмотрена в работах [4,5,6].

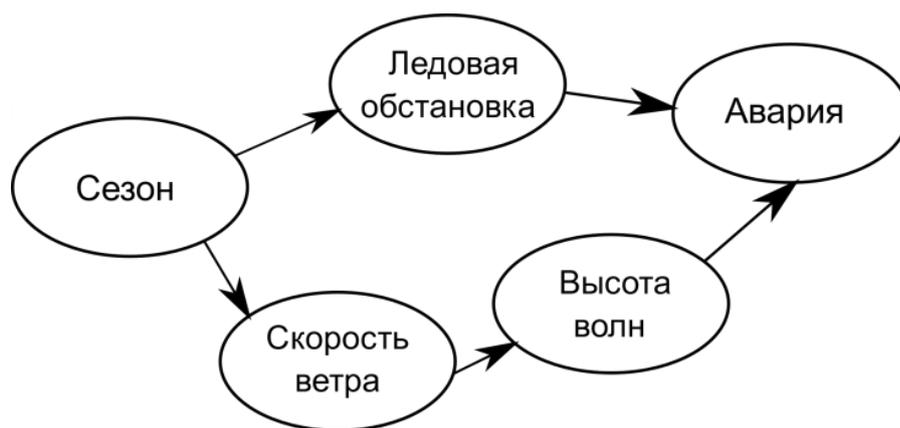


Рис. 5 - Модель оценки вероятности аварии

2) Моделирование разлива

БС может быть использована для моделирования разлива нефти. Пример такой сети приведен на Рис. 6. Подобные БС реализованы в работах [6,7,8].

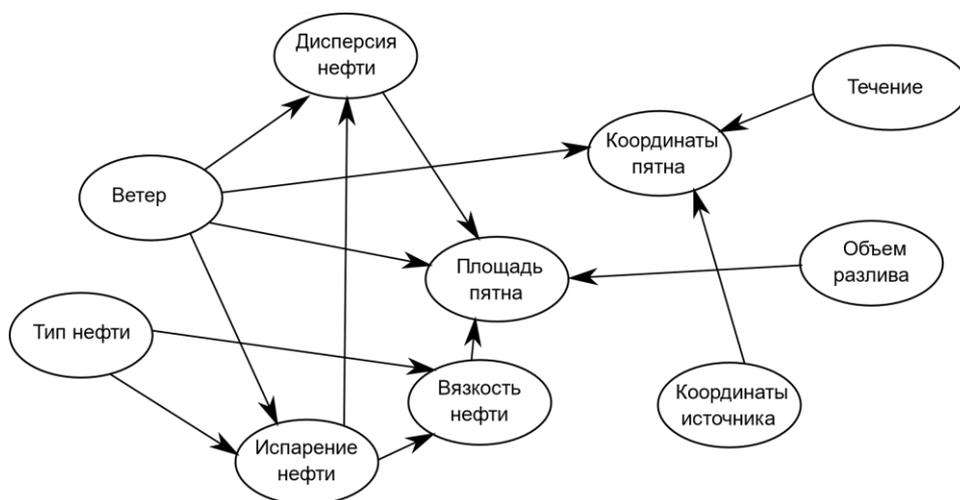


Рис. 1 - Моделирование разлива нефти

В данной схеме БС вероятности переменных *Течения*, *Ветер* определяются на основе метеорологических данных, переменных *Координаты источника*, *Объем разлива*, *Тип нефти* задаются равномерными распределениями либо на основе исторических данных.

Остальные параметры однозначно определяются расчётным путем на основании существующих математических моделей. Во многих схемах БС предполагается вычисление этих параметров на основе специализированных программ, например, OSCAR.

### 3) Ликвидация аварийных разливов нефти (ЛАРН)

Целью таких БС является определение количества нефти, очищенной с поверхности воды. Эффективность очистки сильно зависит от погодных условий, поскольку волнение на море может в несколько раз снизить эффективность скиммеров и боновых заграждений. Поэтому эффективность ЛАРН имеет вероятностный характер. Подобный БС могут совмещаться с БС, рассмотренной в предыдущем разделе, поскольку от эффективности очистки зависит распространение нефтяного пятна, а скорость очистки, в свою очередь, зависит от параметров нефти (вязкость, содержание вода в эмульсии), которые определяются с помощью моделирования [7]. Пример БС приведен на Рис. 7. БС такого типа применялись в работах [8,9,10].

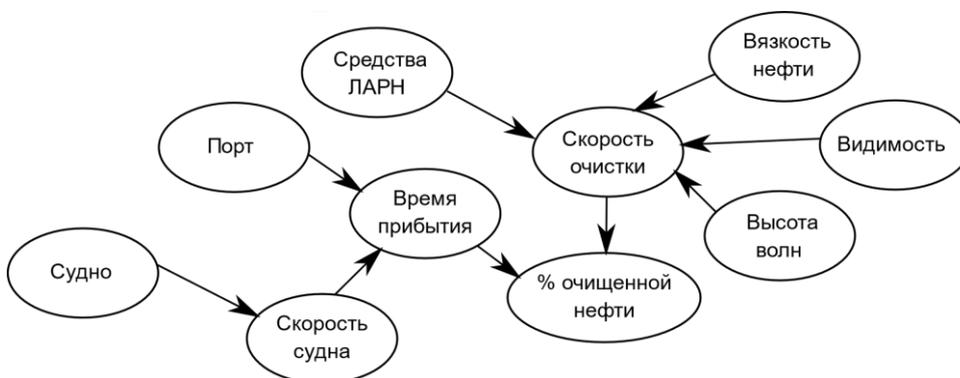


Рис. 2 - Модель для оценки эффективности ЛАРН

Риски аварийного разлива нефти носят вероятностный характер. Они зависят от множества случайных факторов, таких как метеорологические условия, объем разлива, тип нефти, местоположение источника аварии и др. Для оценки риска в условиях

неопределённости удобно применять БС. С помощью БС формируются модели, состоящие из множества переменных, принимающих те или иные значения с определенной вероятностью, и взаимосвязей между ними. Такая система позволяет произвести количественную оценку риска с учетом вероятностей причин возникновения аварии. В работе были рассмотрены основные подходы к моделированию разливов нефти и оценке рисков с помощью БС, приведены ссылки на актуальную литературу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Николенко С. Вероятностные модели: байесовские сети [Электронный ресурс]: <https://habr.com/ru/company/surfingbird/blog/176461/> (дата обращения: 08.05.2019).
- 2 Bayesian Reasoning and Machine Learning / Barber D. – Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- 3 Bayesian Networks and Decision Graphs. / Nielsen T. D., JENSEN F. V.: Springer New York, 2013.
- 4 Amir-Heidari P., Arneborg L., Lindgren J. F., Lindhe A., Rosén L., Raie M., Axell L., Hassellöv I.-M. A state-of-the-art model for spatial and stochastic oil spill risk assessment: A case study of oil spill from a shipwreck // Environment International. – 2019. Т. 126.С. 309-320.
- 5 Baksh A.-A., Abbassi R., Garaniya V., Khan F. Marine transportation risk assessment using Bayesian Network: Application to Arctic waters // Ocean Engineering. 2018. Т. 159. С. 422-436.
- 6 Lecklin T., Ryömä R., Kuikka S. A Bayesian network for analyzing biological acute and long-term impacts of an oil spill in the Gulf of Finland // Marine Pollution Bulletin. 2011. Т. 62, № 12.С. 2822-2835.
- 7 Губайдуллин М.Г. Моделирование разливов нефти в западном секторе Российской Арктики: учебное пособие / под ред. д-ра геол.-минер. наук, проф. М.Г. Губайдуллина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. Архангельск: САФУ, 2016. 219 с.
- 8 Lu L., Goerlandt F., Valdez Banda O. A., Kujala P., Höglund A., Arneborg L. A Bayesian Network risk model for assessing oil spill recovery effectiveness in the ice-covered Northern Baltic Sea // Marine Pollution Bulletin. – 2019. – Т. 139. – С. 440-458.
- 9 Helle I., Lecklin T., Jolma A., Kuikka S. Modeling the effectiveness of oil combating from an ecological perspective – A Bayesian network for the Gulf of Finland; the Baltic Sea // Journal of Hazardous Materials. – 2011. – Т. 185, № 1. – С. 182-192.
- 10 Liu Z., Callies U. Implications of using chemical dispersants to combat oil spills in the German Bight – Depiction by means of a Bayesian network // Environmental Pollution. – 2019. – Т. 248. – С. 609-620.

#### РАЗРАБОТКА КАРТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ К РАЗЛИВАМ НЕФТИ

*А.А. Ермолов<sup>1</sup>, Д.Г. Илюшин<sup>2</sup>, А.И. Кизяков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, alexandr.ermolov@gmail.com

<sup>2</sup> ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова», г. Москва

Освоение шельфовых месторождений углеводородного сырья неизбежно связано с развитием промышленной и транспортной инфраструктуры на морских побережьях России. Это определяет необходимость разработки комплексных

мероприятий по охране окружающей среды, в том числе морских берегов, предупреждению и устранению последствий потенциально возможных разливов нефти и нефтепродуктов, которые могут стать одной из сложнейших проблем обеспечения экологической безопасности.

В настоящей работе рассматриваются методические подходы к созданию карт экологической чувствительности морских берегов к разливам нефти. Целевым назначением разработки таких карт является экспертная оценка, выявление и отражение как наиболее ценных в экологическом отношении, так и наиболее чувствительных к загрязнению береговых участков, определяющие приоритеты защиты прибрежных районов при планировании и проведении мероприятий по ликвидации разливов нефти. Ввиду труднодоступности и слабой изученности отдельных береговых районов российской Арктики предлагается эколого-геоморфологический подход, основанный на международной системе индексов экологической чувствительности ESI (Environmental Sensitivity Index) [1] и геоморфологическом районировании береговой зоны с использованием дистанционных спутниковых, картографических, литературных и фондовых данных.

Применение геоморфологического анализа при создании карт морских берегов является оправданным как с точки зрения предмета исследования, так и в методическом отношении. Сопряженное изучение рельефа и рыхлых отложений, направленное на установление механизмов рельефообразования и динамики отложений, лежит в основе анализа большинства экзогенных процессов. Морфолитодинамические процессы береговой зоны не являются исключением. Именно они определяют особенности перемещения и аккумуляции наносов, обуславливают направление распространения, существование зон транзита и накопления нефти, сохранности ее на берегу.

Основанный на представлениях о строении и эволюции береговой зоны [2, 3, 4], эколого-геоморфологический подход не противоречит принципам международной методики, а является ее более широким аналогом, дополняющим упрощенную типизацию по отдельным критериям ранжирования. Важным аргументом в его пользу является удаленность и слабая изученность многих береговых районов Арктики, ограничивающая возможность их экологического районирования. Геоморфологический анализ способен нивелировать недостаток информации о берегах труднодоступных районов.

Другим аспектом является своеобразие функционирования арктических берегов, сложенных многолетнемерзлыми отложениями. Так, широко распространенные процессы термоабразии и термоденудации никак не учитываются международной системой индексов ESI. А ведь хорошо известно, что благодаря разрушению многолетнемерзлых льдистых отложений отступление береговых уступов может составлять первые метры - десятки метров в течение одного штормового сезона. Соответственно будет меняться и профиль береговой зоны, смещаться линия заплеска, интенсивно перерабатываться и замещаться пляжевые отложения, а вместе с ними и возможное загрязнение – нефть и нефтепродукты. Добавим, что в условиях техногенного воздействия подобные береговые экосистемы отличаются крайне низкой устойчивостью [5] и требуют всесторонней оценки рисков при разработке планов ликвидации разливов нефти.

Получение исходных данных о берегах основано на применении дистанционных методов исследований, включающих пространственное совмещение аэро- и спутниковых снимков высокого разрешения, тематическое дешифрирование в полуавтоматизированном и интерактивном режиме, геоморфологическое и геологическое районирование в геоинформационной среде. В сочетании с анализом имеющихся геологических, геоморфологических и навигационных картографических, фондовых и литературных данных дистанционные методы позволяют получать

сведения о рельефе и отложениях береговой зоны, ее динамике, рельефообразующих процессах, положении кромки припайных и дрейфующих льдов и пр. Совмещенный анализ снимков разных лет позволяет сравнивать размеры и положение отдельных форм рельефа, выделять участки с различной интенсивностью береговых процессов. На берегах морей эти методы позволяют определять многолетние тенденции развития береговой зоны, выявлять среднесуточные скорости отступления или выдвижения берега, а при дополнительном обосновании - даже прогнозировать положение береговой черты на конкретные периоды времени. Принимая во внимание удаленность и труднодоступность многих участков материкового побережья и арктических островов спутниковые данные нередко являются основным, а в отдельных случаях единственным доступным источником информации о состоянии различных компонентов природной среды. Кроме того, применение дистанционных методов является оправданным и с экономической точки зрения, особенно если учитывать протяженность береговой линии морей России.

Одним из наиболее перспективных способов хранения и обработки информации на сегодняшний день является создание объектно-ориентированных баз пространственных данных, которые позволяют не только осуществлять сбор, систематизацию и хранение данных о берегах, но и производить их обработку, пространственный анализ, модифицирование и оперативное обновление. Разработка карт экологической чувствительности морских берегов к разливам нефти также предполагает создание базы данных в среде ESRI ArcGIS в виде систематизированных растровых и векторных слоев с необходимой атрибутивной информацией. Программный пакет ArcGIS обладает широким набором инструментов морфометрического анализа, предоставляет возможность масштабирования и полуавтоматизированной генерализации исходных данных. Предполагаемая база пространственных данных может быть положена в основу составления классических картографических материалов в виде бумажных и электронных карт, создание которых опирается на принципы и методы геоинформационного картографирования. Такое картографическое обеспечение является незаменимой основой при разработке планов ликвидации разливов нефти, а также может быть использовано для проведения дальнейших фундаментальных и прикладных исследований в регионе.

С учетом разработанных подходов [6] на начальном этапе создания карт выполняется морфодинамическое районирование берегов, которое представляет обобщенную геолого-геоморфологическую характеристику береговой зоны, необходимую для оценки экологической чувствительности к разливам нефти. Разработка типизации и картографирование осуществляется с учетом имеющихся представлений о геоморфологии и литодинамике конкретного берегового района. Используется весь имеющийся объем картографических, спутниковых и литературных данных, материалы экспедиционных исследований различных лет, фото- и видеоматериалы.

Дальнейший анализ производится в рамках отдельных литодинамических систем или отрезков берега, обладающих схожими показателями морфологии и литологии. Основными критериями типизации выступают геолого-геоморфологическое строение береговой зоны (профиль берега, состав отложений и др.) и геокриологические условия (для берегов арктических морей), гидродинамические условия и факторы морфолитодинамики (волнение, приливы, морские льды и пр.), характер береговых процессов (абразия, аккумуляция). На основе экспертной оценки указанных критериев ранжирования каждому участку присваивается индекс чувствительности к нефтяному загрязнению в соответствии с системой индексов ESI. Типы аварийных ситуаций, модели распространения (дрейфа, растекания и пр.), возможные способы ликвидации загрязнения и варианты физико-химического и механического взаимодействия нефтепродуктов с осадками на берегах

рассматриваются в соответствии с руководством [7] и монографией [8]. Учитываются особенности взаимодействия нефти с различным субстратом, установленные экспериментальным путем, возможность естественного захоронения нефти и перемещения грунта, предполагаемые способы устранения загрязнения [9]. При этом, в соответствии с методикой [1] в расчет не принимается природоохранный статус берега, биологическое разнообразие и удаленность от объектов инфраструктуры.

Международная система индексов экологической чувствительности ESI [1] включает 10 основных уровней (индексов) от 1 (низкая чувствительность) до 10 (высокая чувствительность). Учитывая множество региональных отличий, отдельные уровни ESI включают несколько типов берегов, обозначаемых буквенными индексами. Всего выделяется 28 типов берегов. Каждый тип имеет цветную кодировку в соответствии с увеличением индекса экологической чувствительности от холодного цвета к теплomu, согласно утвержденной цветовой шкале. Это обеспечивает простую и быструю идентификацию экологической чувствительности берега при картографировании и работе с геоинформационными системами.

При разработке легенды в оригинальные названия отдельных экологических типов берегов могут быть внесены изменения, обусловленные спецификой береговых районов, присущей, например, арктическим берегам. Вместе с тем, разработка легенды должна проводиться с учетом необходимости стандартизации методических подходов и разработки единой региональной типизации берегов. Так, нами разрабатывается универсальная типизация берегов морей Северного Ледовитого океана, призванная отвечать не только российским, но и международным стандартам.

При оценке актуальности и применимости разрабатываемых типизаций следует особое внимание уделять специфике функционирования береговых систем в различных природных условиях. Арктические берега в зимний период практически не чувствительны к нефтяным разливам на акватории и малочувствительны к разливам непосредственно на береговых участках. Это обусловлено широким распространением припайных льдов, контактирующих с дном на больших пространствах. Морские льды и низкие температуры среды блокируют деятельность большинства рельефообразующих процессов, снижается или полностью исключается вероятность контакта и проницаемость отложений для нефти и нефтепродуктов. Возможность распространения нефти в береговой зоне, ее непосредственный контакт с берегом и способность к проникновению нефтепродуктов в отложения пляжей арктических морей появляется только в летний период года. Тогда же оттаивает деятельный слой и активизируются экзогенные процессы. Соответственно, актуальность оценок экологической чувствительности и типизации арктических берегов будут ограничена коротким безледным периодом года (2-5 месяцев), когда возможно распространение нефти в береговой зоне, ее непосредственный контакт с берегом и способность к проникновению нефтепродуктов в отложения пляжей. Это следует учитывать при освоении шельфовых месторождений и разработке планов ликвидации разливов нефти, вероятность которых не ограничивается отдельными сезонами года.

Представленный эколого-геоморфологический подход применен нами при создании серии карт экологической чувствительности берегов морей Карского и Лаптевых к разливам нефти и нефтепродуктов общей протяженностью свыше 35 тыс. км [10, 11]. Комплексный подход позволил выполнить достоверное геоморфологическое и экологическое районирование, картографирование и анализ пространственного размещения и протяженности берегов различного типа. Установлено, что свыше 5300 км береговой линии в море Лаптевых и около 2200 км в Карском море соответствует высокому индексу экологической чувствительности. Такие участки требуют первоочередной защиты в случае возникновения разлива нефти и должны учитываться при освоении шельфовых месторождений и разработке природоохранных мероприятий.

В заключение следует заметить, что районирование и картографирование берегов в соответствии с индексом экологической чувствительности и разработка планов ликвидации нефтяных разливов являются лишь первыми шагами к обеспечению экологической безопасности арктических побережий. Не меньшее значение имеют скорость оповещения, своевременное реагирование на разливы и применение наиболее эффективных технологий их ликвидации в условиях Крайнего Севера, где проведение любых мероприятий связано с рядом серьезных природных, технических и логистических ограничений.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта ГЗ (№ АААА-А16-116032810055-0) «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криолитозоны Российской Арктики».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sensitivity mapping for oil spill response. London: IMO-IPIECA-OGP, 2012. 39 p.
2. Леонтьев О.К. Основы геоморфологии морских берегов. М., Изд-во МГУ, 1961.
3. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962.
4. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1996. 400 с.
5. Исследование устойчивости геосистем Севера / Под ред. В.И. Соломатина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 213 с.
6. Ермолов А.А., Илюшин Д.Г., Исаченко А.И., Кизяков А.И., Павлов В.А. Методические подходы к оценке экологической чувствительности берегов арктических морей к разливам нефти (на примере Карского моря) // Инженерные изыскания, 2016. № 5-6. С. 28–39.
7. Руководство по ликвидации разливов нефти на морях, озерах и реках. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. 344 с.
8. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). Москва, Научный мир, 2013.
9. Сочнев О.Я., Сочнева И.О. Экологическая безопасность систем вывоза нефти с месторождений арктического шельфа. М.: ЦЕИИТЭнефтехим, 2003. 272 с.
10. Экологический Атлас. Карское море / В.О. Мокиевский, А.Б. Цетлин, Л.А. Сергиенко и др. / ООО «Арктический научный центр». Москва, 2016. 271 с.
11. Экологический Атлас. Море Лаптевых / В.О. Мокиевский, А.Б. Цетлин, Л.А. Сергиенко и др. / ООО "Арктический Научный Центр". Москва, 2017. 303 с.

#### ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОКЛИМАТОЛОГИЯ?

*А.Д. Жигалин<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, zhigalin.alek@yandex.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва

#### **Введение**

Ноосфера как окружающая нас природно-техническая среда в ее современном проявлении играет роль фактора, оказывающего влияние на сопутствующие существованию биосферы экологические, и в том числе, и геофизические условия и приводящие к их изменению. Как результат этого влияния возникают такие глобальные проблемы, как, например, сегодня широко обсуждаемая на разных уровнях проблема потепления и катастрофического изменения климата. В силу большого разброса

мнений на этот счет возникает вопрос: насколько на самом деле реальны климатические прогнозы и насколько все это серьезно?

С философских позиций ноосфера, согласно трудам В.И. Вернадского, представляет собой последнее по времени состояние биосферы, возникшее в результате научной, художественной и трудовой деятельности людей. Однако с тем, что мы уже живем в эпоху ноосферы, согласны далеко не все. Для одних – ноосфера – это наступившая реальность, обеспечивающая части человечества приемлемые условия существования и, неизбежно, сопровождаемая экологическими потрясениями, в том числе и катастрофическими. Для других ноосфера – это некий отдаленный во времени «абсолют» согласия и гармонии высоко развитого социума. Мнения по этому вопросу разделяются опрошенных примерно поровну, на уровне 30%. Оставшиеся 40% респондентов либо не определились во мнении, либо считают ноосферу «розовой мечтой человечества». Приведенные данные получены автором достаточно давно и, наверное, требуют актуализации. Автор причисляет себя к тем, кто считает ноосферу уже свершившимся событием и, таким образом, «ответственной» за все положительные и негативные изменения условий существования человечества и биосферы в целом.

Концепция наступившей ноосферы, как и любая другая, по мере развития неизбежно «обрастает» проблемами, которые требуют осмысления и разрешения «прямо здесь и сейчас» или предполагают длящиеся десятилетиями дискуссии с проблематичными результатами. Примерами таких горячо обсуждаемых проблем, порожденных «реальной ноосферой», являлись ранее «озоновые дыры», а ныне – либо летящий к нашей планете астероид-убийца (эпизодически), либо глобальное потепление и, как следствие, изменение климата на планете. В последнем случае в качестве спорного тезиса выступает оценка роли антропогенеза в этом процессе. Как принято сейчас в такого рода полемике, приводятся в качестве прогноза обязательно глобальные катастрофические для человечества последствия, основанные на результатах компьютерного моделирования. Что характерно, время наступления катастрофы относятся в будущее не менее, чем на 50 лет, т.е. когда авторы прогноза уже не смогут отвечать за свои предсказания. Это, пожалуй, самое интересное в дискуссиях о грядущих глобальных катастрофах, если не обращать внимание на огромные деньги, которые сопровождают это действо.

Современное увлечение политическими аспектами наук о Земле, выразившееся в появлении таких областей «знания», как геополитическая климатология, возникновении новейших теорий глобального антропогенного то ли потепления, то ли похолодания, дробления и подвижек тектонических плит с формированием (воссозданием) в перспективе единого континента (Пангеи-2?) и др., тиражируемое многоканальными средствами массовой информации, заставляет не очень, к сожалению, просвещенное население, думать, что мы живем в стране не только рискованного земледелия, но и рискованного выживания.

### ***Глобальное потепление***

Глобальное потепление и, как следствие, изменение климата – это поступление избыточного количества тепловой энергии в атмосферу, литосферу и гидросферу Земли, стимулирующее повышение среднегодовой температуры атмосферы Земли и Мирового океана – хранителей «запасов» тепловой энергии, необходимой для существования биосферы.

Экспертные оценки (и опросы) показывают, что преобладающее число ученых, работающих в области науки о климате, считают, что «глобальные средние температуры выросли» в течение прошлого столетия и что деятельность человека (индикатор – показатель содержания в атмосфере углекислого газа, CO<sub>2</sub>) является важным фактором, способствующим изменению средней глобальной температуры. Однако в научной практике принято считать, что доказательством справедливости

теории являются полученные достоверные экспериментальные факты, а не число сторонников той или иной гипотезы.

В современном научном лексиконе едва ли не самым расхожим словом среди людей, занятых в самых различных видах деятельности – от лингвистов до финансистов и от климатологов до инженерных геологов является понятие риск. Это слово охватывает очень широкий спектр понятий – от этимологического «неопределённое событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие на...» до вполне конкретного и тем менее понятного для восприятия – «произведение вероятности на убыток, что можно описывать ставкой только в том случае, если объектом воздействия риска является неделимый объект инвестирования (уф!)». Риск всегда предполагает вероятностный характер исхода, при этом под словом риск чаще всего понимается вероятность получения неблагоприятного результата, характеризующего в денежном выражении людские потери и материальный ущерб.

Именно в таком понимании риск рассматривается с конца прошлого XX столетия, когда на смену реальной опасности ядерной войны пришла виртуальная опасность (риск наступления неблагоприятных последствий в форме глобальной экологической катастрофы) техногенного разрушения так называемого озонового слоя. Для справки, озоновый слой – слой в пределах стратосферы на высоте 15 – 30 км, характеризующийся наибольшим содержанием озона (кислорода O<sub>3</sub>), – предохраняет поверхность Земли от избыточного губительного для всего живого ультрафиолетового солнечного излучения.

Пожалуй, «проблема озонового слоя» стала первой в истории наступившей ноосферы (деятельности разума в эпоху преимущественной технократической цивилизации) дискуссионной платформой для обсуждения вероятности гибели всего человечества и вообще всего живого в обозримом историческом (!) будущем. Однако вместо «конца света», в связи с наблюдающимся закрытием, частично или полностью, обнаруженных озоновых дыр, с одной стороны, и, с другой стороны, появлением научно-обоснованной концепции «дыхания Земли» (выход на поверхность ювенильных газов – гелия, метана, водорода и двуокиси углерода), острота полемики по поводу разрушающего воздействия метана и фреонов на озоновый слой существенно снизилась, но оставила после себя неутолимое желание получать крупные субсидии на борьбу с техногенными факторами, «приближающими» конец современной цивилизации или даже самой жизни. Так возникла необходимость новой глобальной тревоги и, как следствие, появилась одна из наиболее обсуждаемых ныне проблем, также порожденная «реальной ноосферой», а именно, проблема глобального потепления и изменения климата. Конечно же с катастрофическими последствиями, не исключаяющих и «конца света».

Глобальное потепление и, как следствие, прогнозируемое сторонниками этой идеи негативное изменение климата – это поступление избыточного количества тепловой энергии в атмосферу, литосферу и гидросферу Земли, стимулирующее повышение среднегодовой температуры атмосферы Земли и Мирового океана. Глобальное потепление представляет собой существенный фактор риска, поскольку длительное (годы и первые десятилетия) воздействие этого фактора, поддерживаемое на высоком уровне, способно вызвать либо глобальную засуху, либо глобальное обводнение поверхности планеты. Риск в экономическом его понимании достаточно велик при любом варианте последствий, ибо людские потери и экономический ущерб специалистами уже многократно подсчитаны и обнародованы. Вопрос состоит в том, что же нас, землян, ожидает и что следует предпринять, чтобы минимизировать негативные последствия неблагоприятного развития (тут вполне уместно слово «эволюции») событий в жизни Земли. Как же эти события развиваются?

#### ***Факты в проблеме глобального потепления***

Экспертные оценки большинства климатологов свидетельствуют о том, что «глобальные средние температуры выросли» в течение прошлого столетия и что деятельность человека (в качестве индикатора рассматривается, как указывалось выше, содержание в атмосфере техногенного углекислого газа) является важным способствующим этому фактором. В то же время, согласно спутниковым данным, в течение 209 месяцев (сентябрь 1996 – январь 2014 гг.) глобального потепления не отмечено, несмотря на рекордно высокие темпы роста концентрации CO<sub>2</sub>. Более того, отмечено даже небольшое понижение температуры.

Hans von Storch (Метеорологический институт, Гамбург) показал, что «в соответствии с большинством климатических моделей следовало ожидать повышение температуры примерно на 0,25°C в течение последних 10 лет. На самом же деле, более чем за последние 15 лет повышение составило всего 0,06°C – в 4 раза меньше модельного результата».

О. Г. Сорохтин (Институт океанологии РАН) напомнил в одной из своих работ, что «идея о разогреве земной поверхности углекислым газом и метаном была высказана Нобелевским лауреатом С. Аррениусом еще в конце XIX столетия, и с тех пор принимается на веру». В наше время эта идея вызывает огромное количество спекуляций и заставляет правительства развитых стран выделять значительные средства на борьбу с «катастрофическими последствиями». Насколько оправданы эти расходы, сказать трудно, поскольку значительная часть поступающего в атмосферу углекислого газа не может быть учтена, поскольку естественным путем растворяется в океанических водах и связывается в карбонатах, что запечатлено в «геологической летописи» Земли. Более того, О.Г. Сорохтин показал, что «накопление в атмосфере CO<sub>2</sub> при прочих равных условиях может приводить только к похолоданию климата и к некоторому усилению синоптической активности в тропосфере Земли». С ним солидарен Х.И. Абдусаматов (Пулковская обсерватория), предполагавший, что «примерно с 2014 г должен был начаться Малый ледниковый период, чей пик придется на 2055 г.» Ждать, кстати, осталось не так уж долго, но все-таки опять около полстолетия (!).

Большинство ученых согласно с тем, что феномен глобального потепления все же имеет место. При этом указывается на то, что с 1880 г. (время появления термометров достаточной точности) температура поднялась на 0,6-0,8°C. Приводятся также свидетельства того, что в последние 650 тыс. лет концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере никогда не была выше той, которая была зафиксирована в 1950 г.

Действительно, при добыче и сжигании углеводородов в атмосферу ежегодно попадает приблизительно  $2,5 \cdot 10^{10}$  т углекислого газа. Согласно обобщенным расчетам, человечество тоже вносит свою лепту, поскольку выдыхает в атмосферу примерно  $0,3 \cdot 10^{10}$  т углекислого газа в год. В связи с этим высказывается предположение, что деятельность и само существование человека на планете является основной причиной глобального потепления. Однако следует принимать во внимание, что Мировой океан за год выбрасывает в атмосферу  $8,0 \cdot 10^{13}$  т CO<sub>2</sub>. Цифры показывают в сравнении возможности Человека и Природы. Различие в три порядка впечатляет!

### ***Политическая климатология***

Несмотря на большое количество фактов натуральных измерений «разной полярности», сторонники «теории влияния» используют наблюдаемую последнее столетие синхронность потепления климата и накопления в атмосфере антропогенного углекислого газа в качестве подтверждения правильности выводов о техногенной природе глобального потепления. Сама гипотеза парниковых газов по-прежнему принимается на веру практически без всякой проверки, хотя некоторые тенденции в изменении климата свидетельствуют о возможной (или вероятной) ошибочности этой гипотезы.

Так, Patrick Moore (один из соучредителей Гринпис), выступая перед Конгрессом США, сказал, что «нет научных доказательств того, что антропогенные выбросы углекислого газа в атмосферу являются главной причиной небольшого потепления атмосферы Земли за последнее столетие».

Pierre Latour (Principia Scientific International) утверждает, что «концентрация CO<sub>2</sub> не влияет на температуру атмосферы, а, наоборот, температура влияет на концентрацию CO<sub>2</sub>». Он полагает, что «парниковых газов не существует и CO<sub>2</sub> не является загрязняющим атмосферу веществом, но представляет собой питательное вещество для растений». К тому же в последние годы значительного потепления климата не наблюдалось, несмотря на повышение концентрации углекислого газа. Поэтому, вероятно, стоит обеспокоиться решением других планетарных проблем, которые могут оказаться более важными, нежели проблема глобального потепления.

«Катастрофисты» весьма жестко отстаивают свою точку зрения, имеющую поддержку в деловых кругах многих стран. Так, по мнению Дж. Уолда, лауреата Нобелевской премии, биолога из Гарварда к 2000 г. «вся цивилизация (или, как минимум Великобритания) должна была погибнуть». Гибель Великобритании и исчезновение морских тварей (к 1979 г. следовало исчезнуть всем «существенным» видам животных в Мировом океане, а к 1995 г. – до 75% всем животным на планете)» предсказал П. Эрлих из Стэнфорда, обладатель 16 наиболее престижных в научном мире наград.

Откровеннее высказываются персоны, обладающие властью и активно участвующие в формировании общественного мнения. Так, сенатор Т. Уорт в 1988 г. заявил: «Мы должны оседлать тему глобального потепления. Если даже эта теория неверна, ... мы будем поступать правильно по части экономической политики». Ему вторит активист-эколог С. Шнайдер, 1989 г. – «Мы должны предлагать людям пугающие сценарии ... и меньше говорить о сомнениях, которые у нас могут быть... Каждый должен определить для себя правильный баланс между эффективностью действий и честностью». И вообще – «людей обязательно надо пугать!» Так возник феномен (гео)политической климатологии.

### ***Заключение***

Таким образом, в настоящее время феномен глобального потепления и изменения климата на планете большинством ученых все же признается, однако, проблема роли антропогенеза при этом весьма далека от разрешения. Свидетельство этому – фактические провалы многих намеченных стратегий борьбы с глобальным потеплением, в основе которых лежит концепция ведущей роли антропогенеза и, в частности, избыточного выбрасывания в атмосферу парниковых газов – двуокиси углерода, метана, водяных паров и др.

Приходится констатировать, что по существу мы являемся свидетелями нового феномена – политической геоэкологии. Суть его заключается в том, что судьбоносные глобальные решения, связанные с проблемами сохранения жизни на планете и выживания человечества, принимаются волевыми решениями власть (и деньги) имущими часто без всяких научных обоснований. Поэтому нет необходимости перечислять все инициативы и принятые никем ни к чему не обязывающие решения, протоколы, соглашения и другие международного охвата документы. При ближайшем рассмотрении по большей части в объективе оказывается пресловутый «человеческий фактор», а именно, отсутствие профессионалов, способных принимать правильные решения и использовать в полной мере современные технологии, небрежное отношение к выполнению служебных обязанностей, нигилизм в отношении соблюдения норм в общении с природой и другие причины, порождающие риск возникновения реальных чрезвычайных ситуаций регионального (пока, к счастью) уровня.

Дебаты о глобальном потеплении (или похолодании) и изменении климата – это спор об экологической миссии активной части сегодняшнего поколения, в котором, по большей части, обсуждается тема «страха, ужаса и неотвратимых бедствий», что напоминает хорошо поставленный спектакль. Режиссеров, кстати, нетрудно и «вычислить».

Настало, однако, время перейти к разумному и научно аргументированному диалогу, в ходе которого можно будет найти эффективные решения задачи снижения негативных последствий издержек технократической цивилизации. Надо вспомнить, что основная цель заключается в том, чтобы принести реальную пользу людям в их взаимодействии с окружающей средой, а не составление проспектов многочисленных встреч и обсуждений, не разработка заведомо невыполнимых, и поэтому бесполезных (а скорее, вредных, поскольку уводящих в сторону), нескончаемых и затратных, проектов.

*Все приводимые данные найдены исключительно в открытом доступе и имеют своих авторов. Автор благодарит всех, чьи материалы помогли ему подготовить данное сообщение.*

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ НЕФТЕРАЗЛИВАХ НА АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ**

*С.Ю. Кузнецова*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, mailsvete@mail.ru

Основные направления развития арктического судоходства в последние годы обозначились достаточно ясно. Отмечается его существенная, хотя и неравномерная интенсификация. Наиболее быстрыми темпами судоходство развивается в западных (атлантических) арктических акваториях, включая Баренцево море. Основная доля арктического судоходства (примерно половина) приходится на рыбопромысловую деятельность. Растет пассажирское судоходство.

Проанализированная нами статистика демонстрирует в течение последних пяти лет увеличение заходов в основные порты Баренцева моря. Причем, наблюдается общая закономерность: чем значительнее порт, тем больше количество заходящих в него судов.

Перспективы расширения морских грузовых перевозок связываются со значительными объемами завоза техники и материалов для строительства объектов инфраструктуры в сухопутной и отчасти морской Арктике, а также с прогнозируемым расширением морского вывоза добываемых в Арктике минеральных и углеводородных ресурсов [1]. Грузопоток нефти, отгружаемой с действующих терминалов Баренцева моря, по предварительной оценке, вырастет к началу 2020-х годов до 12–14 млн. тонн [2].

Неизбежным спутником любых танкерных операций были и продолжают оставаться аварии. Несмотря на явную тенденцию к снижению аварийности нефтеналивного танкерного флота, аварии танкеров до сих пор остаются одним из основных источников экологического риска.

Перевозка нефти и нефтепродуктов в условиях арктических морей представляет собой угрозу арктическим экосистемам, поскольку в настоящее время нет проверенных эффективных технологий ликвидации разливов нефти во льдах. Сложные же погодные

условия даже при наличии сил и средств реагирования на разливы нефти могут не позволить оперативно приступить к ликвидации последствий таких аварий.

Современная статистика аварийности судов позволяет определить параметры возможных нефтеразливов, характеризующихся следующими цифрами: максимальный объем разлитой нефти по всем акваториям Мирового океана примерно 800 тыс. тонн/год, частота аварий всех категорий  $8,93 \cdot 10^{-2}$ , частота серьезных аварий  $1,70 \cdot 10^{-2}$ , частота разливов  $0,40 \cdot 10^{-2}$  [3].

Величины рисков на 1000 рейсов с учетом среднего объема разлива в портах России варьируют от минимального значения 0,068 (порт Архангельск) до максимального значения 0,250 (порт Мурманск). При этом нефтеразливы на морских акваториях считаются инцидентами с низкой вероятностью, но крайне серьезными экологическими последствиями. По данным Норвежской береговой администрации, эффективная ликвидация нефтеразлива может быть осуществлена в условиях Баренцева моря примерно в 60% случаев, в большинстве случаев сбор разлитой нефти близко к источнику возможен только в 15% случаев [4].

Используя статистику, экспертный метод, данные совместных норвежско-российских учений в акватории Баренцева моря и другие источники, мы разработали матрицы наступления экологических последствий в зависимости от различного вида инцидентов с основными видами судов, курсирующими в Баренцевом море (Табл. 1 и 2). Применение как качественного, так и количественного анализа позволяет учитывать характеристики такого сложного региона, как Арктика. Подход к оценке рисков с помощью матриц рассмотрен в Международном кодексе по управлению безопасностью.

Таблица 1 - Матрица типов судов/аварий

	Круизы / пассажирские суда	Сухогрузы / танкеры	Рыболовецкий флот
Посадка на мель	К-М	С-М	Р-М
Столкновения (ледовые поля и прочее)	К-С	С-С	Р-С
Пожар	К-П	С-П	Р-П
Террористический акт	К-Т	С-Т	Р-Т
Другие причины	К-Д	С-Д	Р-Д

Таблица 2 - Экологические последствия определенных видов аварий с определенным видом судов в Баренцевом море

Часто					
Достаточно часто		К-С	Р-П		
Случается		Р-М	С-С	К-П, К-М	Р-С
Очень редко		С-Т, Р-Д	К-Т, К-Д	С-Д	
Теоретически возможно			Р-Т	С-М	С-Т
	Незначительные	Слабые	Средние	Значительные	Серьезные

Таким образом, наиболее серьезные экологические риски оцениваются при осуществлении террористического акта на борту нефтеналивных танкеров. Экологический риск принято считать наиболее обоснованной оценкой воздействия нефтяного загрязнения на природную среду. В Федеральном законе от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» дается следующее определение данного вида рисков - «экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные

последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной или иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера». Кроме вышеупомянутого федерального закона управление экологическими рисками на национальном уровне по большей части осуществляется законом «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации», и ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации».

Как показал проведенный анализ, действующее законодательство Российской Федерации в природоохранной сфере практически не учитывает природно-климатические и иные географические условия Арктической зоны Российской Федерации и возможные экологические угрозы. В Российской правовой базе существует понятие негативного воздействия на окружающую среду, по вероятности наступления которого и оценивается тяжесть экологического риска. В этой связи представляется достаточно конструктивным определение риска с позиций возможного материального ущерба.

Выделяют два подхода для оценки ущерба от аварийных загрязнений окружающей среды: укрупненный и реципиентный. Существующие методики оценки ущерба от загрязнения окружающей среды, используемые в отечественной нормативно-правовой базе, основаны преимущественно на укрупненном подходе. Для расчета величины ущерба перемножаются ряд данных, часть которых являются заранее определенными табличными данными. Укрупненный подход позволяет рассчитать величину наносимого ущерба достаточно условно, так как результатом выступает общая абстрагированная величина. Данный подход не может быть использован для оценки ущерба, нанесенного аварийным загрязнением конкретной группе реципиентов, что необходимо для выплат компенсационных платежей [5].

Реципиентный подход позволяет осуществить более точный подсчет ущерба окружающей среде при условии наличия данных по всем группам реципиентов, подверженных отрицательному воздействию нефтяного загрязнения.

Оценка экологических рисков осуществляется в Норвегии с целью минимизации рисков и воздействия нефтегазовой промышленности на окружающую среду. Специальная методика «ERA Acute» была разработана ведущими экспертами в этой области. Она включает четыре компонента, которые включаются в анализ: поверхность морской акватории, береговая линия, водный столб и морское дно. Методология использует данные траектории возможного нефтеразлива и данные о биологических ресурсах в определенной части моря и рассчитывает потенциальный экологический риск (воздействие и время восстановления) для биоты во всех четырех компонентах.

Основным законодательным актом в этой сфере является Закон о нефтяной деятельности (1996-11-29 №72), общие правила для определения компенсации экологического ущерба, которые рассматриваются в Законе о защите от загрязнения и отходов (1981-03-13 №6) и в законе о компенсациях в определенных ситуациях (1969-06-13 №26).

Законодательство Норвегии устанавливает ответственность организации или физических лиц, виновных в загрязнении окружающей среды. Ущерб от загрязнения окружающей среды в этом случае означает ущерб или потери от загрязнения как последствие разлива нефтепродуктов и стоимости соответствующих мер для ликвидации или минимизации такого ущерба или потерь, а также ущерба или потерь вследствие применения таких мер. Ущерб для рыбопромышленной сферы в соответствии с норвежским законодательством рассчитывается отдельно. Причем государство в том случае, если рыболовство в загрязненной зоне стало невозможным или практически невозможным, может компенсировать потери.

Таким образом, можно отметить различие подходов в российском и норвежском законодательстве в отношении оценки экологических рисков и, соответственно, экологического ущерба при нефтеразливах на морских

акваториях. Так как эти два государства разделяют границы в Баренцевом море, гармонизация подходов и обмен опытом по ценке экологических рисков были бы целесообразны.

В Норвегии разработан «Комплексный план управления Баренцевым морем и акваторией вокруг Лофонтенских островов» еще в период 2002 – 2006 годов. В 2011 году он был обновлен Правительством Норвегии. План является примером применения экосистемного подхода к комплексному управлению различными видами экономической деятельности на море: добычей нефти и газа, рыбной ловлей, морским судоходством, природоохранной деятельностью. Документ рассчитан на период до 2020 года. Он носит рекомендательный характер, но его должны принимать во внимание министерства и ведомства, принимающие решения о реализации конкретных проектов. Этим документом определяются морские районы, в которых не должна вестись добыча углеводородов, устанавливается порядок осуществления рыболовства, создания особо охраняемых районов.

Для эффективности разработки мер по предотвращению и ликвидации возможного ущерба от нефтеразливов Россия и Норвегия могли бы приступить к разработке общих рекомендаций управления экологическими рисками в Баренцевом море. В настоящее время, однако, более вероятно, что норвежская инициатива обусловит разработку соответствующего плана для российского сектора Баренцева моря.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад «Международное сотрудничество в Арктике. 2013 г.
2. Егорова Е.Н., Полищук Е.А. Использование матричной модели в оценке экологического риска аварийных разливов нефти на морских акваториях // Экология и природопользование. 2011. 27 с.
3. Григорьев М.Н. Арктическая магистраль. Развитие системы вывоза углеводородного сырья в арктических акваториях в 2017 году // Нефтегазовая Вертикаль. 2018. № 8. 25-28 с.
4. Marchenko N.A., Andreassen N., Borch O.J., Kuznetcova S.Ju., Ingimundarson V., Jakobsen U. Arctic Shipping and Risks: Emergency Categories and Response Capacities // International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. №1. 2018.

#### РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СКВАЖИННЫХ ГЕОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*А.В. Николаев<sup>1</sup>, А.Д. Жигалин<sup>1,2</sup>, В.С. Лавров<sup>1</sup>, А.С. Беляков<sup>1</sup>, И.Н. Диденкулов<sup>3</sup>,  
А.И. Малеханов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН; г. Москва, zhigalin.alek@yandex.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

<sup>3</sup>Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород.

#### **Общие сведения**

Наблюдения, проводимые в скважинах, позволяют «видеть» геологическую среду изнутри и, практически, в первозданном состоянии. Благодаря этому выгодному положению измерительного инструмента, оказалось возможным повысить эффективность геофизического мониторинга процессов, протекающих на больших глубинах, и, как решение частной задачи сейсмологии, организовать перманентное

наблюдение в зонах подготовки сильных землетрясений. Скважинные геофизические наблюдения меньше подвержены воздействию поверхностных геофизических «шумов». Измерения, проводимые в скважинах, позволяют выявить «тонкие» вариации геофизических полей, связанные как с глобальными, так и локальными геодинамическими процессами. Сочетание результатов наблюдений на сети геофизических обсерваторий, оборудованных в скважинах, с данными наблюдений, проводимых на поверхности и в горных выработках, позволяет идентифицировать воздействие отдельных природных и техногенных факторов на состояние земной коры, выявлять эффекты-предвестники, указывающие на подготовку катастрофических природных явлений (землетрясений, подвижек в земной коре, обширных экзогенных геологических процессы и др.), а также количественно оценивать интенсивность (энергетику) произошедших катастроф.

#### ***Скважинные исследования в глубоких и сверхглубоких скважинах***

Буровые скважины, как правило, проходятся с целью поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, для инженерных изысканий и решения ряда других прикладных задач. Однако в последние десятилетия бурение глубоких скважин используется для изучения фундаментальных научных проблем современной геологии, и результаты научного бурения во многом оказались неожиданными для геологов и геофизиков, что заставило пересмотреть некоторые расхожие априорные представления, правильность которых до этого не вызывала сомнения. Скважины «научного» бурения на континентах достигают глубины 3 – 7 км (глубокие скважины) и более 7 км (сверхглубокие скважины). Однако такие скважины бурятся редко. Чаще проходка глубоких и сверхглубоких скважин ведётся с целью разведки и поисков, а также эксплуатации месторождений углеводородного сырья. Эти скважины часто проходятся без отбора керна и не могут в полной мере использоваться для научных целей. Задача использования глубоких и сверхглубоких скважин для сейсмологических целей находится пока в постановочной стадии.

Сверхглубокое бурение дает возможность непосредственно определять возраст формирования геохимических и геофизических характеристик горных пород, слагающих литосферу, устанавливать геологическую природу физических полей, границ и слоев, температурного режима недр. Сверхглубокое бурение позволяет оценивать перспективы нефте- и газоносности глубоких осадочных бассейнов, вести поиски, разведку и контролировать последующую эксплуатацию залежей нефти и газа. Предположительно сверхглубокое бурение можно использовать для изучения структуры очагов землетрясений и происходящих в них процессов с прогнозными целями. Геофизические наблюдения, проводимые в глубоких и сверхглубоких скважинах, позволяют решать специальные задачи, иногда далекие от традиционной геологической ориентации.

#### ***Геологическая природа сейсмоакустической эмиссии***

Современные представления о процессах, происходящих при подготовке и течении геологических проявлений, например, землетрясений, гигантских оползней, селей и др. основаны на теории разрушения. Согласно этой теории, долговременная прочность материалов на разрушение существенно меньше, чем кратковременная. Разрушению горных пород предшествует возникновение и ускоренный рост трещиноватости, сопровождающийся сейсмоакустической эмиссией. В ходе разрушения горных пород происходит объединение отдельных групп трещин в более крупные трещинные образования, вследствие чего наблюдаются усиление интенсивности сейсмоакустической эмиссии и одновременное понижение частоты звуковых колебаний. Из этого следует, что пространственная структура шумовых флуктуаций должна подчиняться требованию синхронности их проявления в сравнительно больших объёмах с увеличением вблизи источника. Наблюдаются также заметные флуктуации интенсивности эмиссии за несколько десятков минут или часов

до землетрясения или иного катастрофического геологического процесса. Таким образом, возникновение сейсмоакустической эмиссии может рассматриваться как надёжный эффект-предвестник, если он не «зашумлен» экзогенными сейсмоакустическими помехами.

Дистанция затухания сейсмических волн существенно зависит от их частоты: на больших расстояниях от очагов преобладают микросейсмические колебания с частотами от долей герца до сотен герц, что соответствует сейсмоакустическому диапазону. Звуковые колебания в этом диапазоне частот характерны для заключительной стадии разрушения горных пород, когда событие, по сути дела, уже неотвратимо происходит, не оставляя времени на осмысленную реакцию населения, оказавшегося в зоне бедствия.

Наблюдаемые вариации акустической эмиссии связаны с двумя типами эффектов – нелинейным преобразованием сейсмического сигнала в ходе его пространственно-временной эволюции и переходом энергии в область высоких частот и возникновением акустической эмиссии вследствие протекания деформационного процесса, обусловленного перестройкой поля напряжений в районе пункта наблюдения. Этот процесс сопровождается также приливные изменения силы тяжести, воздействия на земную кору интенсивных штормовых микросейсм (периоды колебаний 4-8 с, частоты 0,25 и 0, 125 Гц). Локальные иницирующие акустическую эмиссию факторы обуславливаются геодеформационными процессами, сопровождающими заключительную фазу подготовки очагов катастрофических, сильных или умеренно сильных землетрясений с магнитудами от 5 до 8 и больше.

#### ***Аппаратура для скважинных исследований в широком диапазоне частот***

Сейсмоакустический комплекс, созданный на базе магнитоупругого скважинного геофона (МАГ), разработанного в ИФЗ РАН (А.С. Беляков), предназначен для работы в скважинах, на поверхности, в горных выработках и других условиях для решения практических задач, связанных с изучением механических волновых полей в широком диапазоне частот, охватывающем всю «линейку частот» сейсмоакустического диапазона. Геофон обеспечивает регистрацию механических колебаний, порог амплитуды которых менее  $10^{-14}$  м, на фоне постоянных микросейсмических колебаний с частотами менее 10 Гц, амплитуды которых превышают  $10^{-6}$  м. Геофоны этой модели позволяют автоматически не только определять амплитуду слабого подземного звука, но и осуществлять пеленгацию его источника. Это, в свою очередь, открывает возможность оценки анизотропии напряженного состояния пород горного массива в окрестностях точки наблюдения.

Выбор системы регистрации определяется целью измерения. При длительном мониторинге вариаций подземного звука в широкой полосе частот, который проводится, например, для изучения влияния гравитационных сил на напряженное состояние горных пород, может быть использован алгоритм выделения в заданном частотном диапазоне нескольких узких частотных полос и цифровая регистрация средней за некоторый период времени амплитуды сигнала в каждой из выбранных полос. Такой способ регистрации является простым, надежным и экономически обоснованным.

Методика контроля сейсмической опасности с использованием магнитоупругих геофонов достаточно проста. На территории, где существует повышенный сейсмический риск, система наблюдений может состоять из одной или нескольких глубоких скважин, в которых устанавливаются трехкомпонентные магнитоупругие геофоны. Каждый геофон соединяется с единым центром контроля с помощью современных цифровых каналов связи, обеспечивающих высококачественную передачу сигналов в полосах от 16 до 5000 Гц. В центре контроля на базе вычислительной техники создается локальная сеть обработки звуковых сигналов, которые могут быть воспроизведены, визуализированы, архивированы на цифровом

носителе и переданы в другие сети. Скорость обработки информации в современных компьютерах достаточна для того, чтобы формировать дополнительные виртуальные оси диаграмм направленности, определять и фиксировать преобладающие направления на источники акустических сигналов, а также поддерживать многооконный режим визуализации.

Для выбора критериев сейсмической опасности предлагается рабочая гипотеза, основанная на многолетних наблюдениях вариаций геоакустического шума в различных районах Земли, суть которой базируется на очевидных предпосылках: во-первых, при всяком действии в твердой земной коре возникает трение, которое сопровождается тепловыми и акустическими излучениями, и, во-вторых, начало механического действия в той или иной степени, растянуто во времени. Поэтому, всегда есть некоторый период времени, в течение которого происходит возрастание параметров механического действия: движения, скорости движения, ускорения движения, сопровождаемых акустическим шумом. Кроме того, такому значительному событию, как землетрясение, должен предшествовать длительный процесс его подготовки, связанный с изменением механических напряжений в очень больших геологических объемах земной коры, который протекает с потерями в виде тепла и акустического шума. Это подтверждается геоакустическими исследованиями, выполненными с использованием геофонов, и может быть использовано для прогноза состояния горных пород в земной коре.

Развитие теоретической базы и аппаратного обеспечения геофизических методов скважинных исследований привели к появлению таких методов как, например, метод радиоволнового просвечивания, сейсмоакустического прозвучивания («просвечивания акустическими волнами») и др. Эти методы хорошо себя зарекомендовали при проведении геологоразведочных работ с целью поиска и разведки месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых и стали классикой разведочной и промысловой геофизики. Скважинные методы со временем стали использоваться при разведке и разработке месторождений углеводородов. Сформировался комплекс методов так называемого «стандартного» каротажа, ставший обязательным при разведке углеводородных месторождений.

Перспективным направлением в геофизическом приборостроении стала разработка приборов, в основу которых было положено использование магнитоупругого преобразования механических напряжений в напряжение электрического тока.

Метод магнитоупругого (магнитоанизотропного) преобразования, первое упоминание о котором датировано 1939 годом, используется для решения научных и производственных задач, связанных с измерением силы. Исследования показали возможность и эффективность использования метода магнитоупругого преобразования при механических напряжениях менее  $10^{-3}$  Па, что расширило динамический диапазон преобразуемых механических напряжений до более 220 дБ и стало основой развития нового многообещающего направления в силоизмерительном приборостроении и особенно в виброметрии. Новые геофоны с магнитоупругими акустическими сенсорами могут измерять виброперемещения в твердой, жидкой и смешанной средах в диапазоне, превышающем 260 дБ. При этом чувствительность сенсора увеличивается в 1000 раз при увеличении частоты в 10 раз, что позволяет при естественном уменьшении амплитуды сигналов при увеличении частоты измерять смещения в диапазоне 240–260 дБ даже при использовании аналоговых каналов усиления. Необходимость измерений таких малых амплитуд вызвана очень низким значением амплитуд природного фонового акустического шума в частотной полосе от 20 до 2000 Гц в реальной геологической среде, вариации которого несут информацию об изменениях напряженного состояния горных пород на площадях, до 10000 кв. км, и

изучение которых может быть использовано с целью оперативного контроля локальной сейсмической и иных видов геологической опасности.

Главными преимуществами магнитоупругого акустического преобразования следует считать резкий подъем амплитудно-частотной характеристики преобразования с ростом частоты, высокую частоту механического резонанса, малый уровень собственных шумов, термостойкость, прочность и стабильность.

#### ***Практическое использование магнитоупругих геофонов***

Сейсмометрические приборы широко используются для сейсмической разведки полезных ископаемых, в инженерной и гидрогеологической и др. сейсмометрии. В последнее время, в связи с развитием высокоразрешающей сейсмической разведки, выдвигается требование повышения верхней частоты принимаемого сигнала до 500-1000 Гц, что позволяет повысить эффективность сейсмической разведки методом отраженных волн и увеличить глубину и детальность изучения геологического разреза. К настоящему времени разработана целая серия сейсмоакустических приборов на базе магнитоупругих преобразователей (магнитоупругие акустические геофоны, МАГ), что позволяет использовать их как для скважинных исследований, так и для поверхностной регистрации отраженных волн в частотном диапазоне 1-2000 Гц в интервале изменения амплитуды более 240 дБ. Для сейсмической разведки методом отраженных волн при вертикальном сейсмическом профилировании магнитоупругий преобразователь снабжен инертной массой и закреплен в прочном, герметичном корпусе. Амплитудно-частотная характеристика скважинного магнитоупругого геофона обеспечивает возможность приема сейсмических сигналов практически с любой используемой в сейсмической разведке частотой.

Магнитоупругие геофоны могут быть использованы в морской сейсмической разведке и в сейсмологических исследованиях, а также при создании остро направленных приемных антенн акустических сигналов в жидких и даже в газовых средах. Специфические особенности магнитоупругих преобразователей позволяют создавать надежные буксируемые геофоны для приема сейсмических сигналов в условиях морского шельфа, в которых диаграмма вертикальной направленности формируется гравитационным полем, компенсируя рельеф дна. На основе магнитоупругого преобразователя могут быть созданы устройства для пассивной и активной локализации шумящих и движущихся объектов в диапазоне частот от 20 до 3000 Гц в жидких и газовых средах.

Широкополосные сигналы, получаемые на выходе согласующих усилителей регистрирующей аппаратуры, могут быть использованы для обработки в различных амплитудно-частотных анализаторах и других устройствах, а также для непосредственного прослушивания при помощи специальной аудио аппаратуры. Преобразованные в цифровую форму сигналы обрабатываются ПЭВМ в реальном масштабе времени. Указанная процедура предварительной аналоговой и цифровой обработки информации непосредственно на измерительном пункте позволяет резко сократить объем регистрируемых или передаваемых по каналам телеметрии данных.

#### ***Заключение***

Измерительный комплекс на базе магнитоупругого геофона позволяет проводить кратковременные и длительные наблюдения сейсмоакустических шумов и осуществлять обработку результатов наблюдений. В устройстве реализуются все преимущества скважинных геофизических измерений – нахождение чувствительного элемента (датчика) непосредственно внутри изучаемого геологического массива, возможность «ухода» от техногенных помех, характерных для измерений на поверхности или на небольших глубинах, высокая вероятность прослушивания (детектирование) геоакустических сигналов на значительных расстояниях от наблюдательной скважины.

Снаряд-зонд позволяет создавать различные модификации базовой модели, которые могут быть использованы в скважинах меньшего диаметра, закопушках, горных выработках или на поверхности с установкой их на традиционных постаменты.

Благодаря высокой чувствительности и расширенному частотному диапазону (уверенное детектирование полезного сигнала от 5-10 Гц до 2-5 кГц), измерительный комплекс может использоваться для решения задач сейсмологии, сейсморазведки больших и малых глубин, инженерной и других видов прикладной сейсмометрии, грунтоведения и археологии. Возможно также, использовать измерительный комплекс в схемах общего и специального видов мониторинга, осуществлять контроль геоэкологической обстановки на разных масштабных уровнях от объектного до регионального.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В АРКТИКЕ: ПРИЧИНЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

*Д.А Соловьев*

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, г. Москва, solovev@ocean.ru

Влияние глобальных изменений климата на динамику температуры и атмосферных осадков в Арктике очень трудно прогнозировать, но результаты большинства исследований говорят о том, что потепление в Арктике в целом будет сильнее, чем в среднем на земном шаре [1]. Установлено, что средняя температура воздуха в арктическом бассейне увеличивалась в два раза быстрее, чем глобальная температура, при этом она характеризуется большей межгодовой и многолетней изменчивостью. Концентрация морского льда и его протяженность (то есть площадь, занимаемая льдом, по отношению ко всей рассматриваемой площади и в абсолютных единицах — квадратных километрах) за последние годы в Северном полушарии уменьшились [2].

Площадь антарктического морского льда к 1 января 2019 года снизилась до 5,47 млн. км<sup>2</sup> — исторического минимума для этой даты за сорокалетнюю историю спутниковых наблюдений. По данным Национального центра информации по снегу и льду США (NSIDC), так как летний сезон таяния льда будет продолжаться еще полтора-два месяца, площадь льда может обновить рекорд годового минимума [3]. По данным центра на 1 января 2019 года, площадь морского льда в Антарктике была на 30 тыс. км<sup>2</sup> меньше предыдущего рекорда, установленного 1 января 2017 года, и на 1,88 млн. км<sup>2</sup> меньше среднего показателя за 1981 - 2010 годы. В декабре 2018 года площадь морского льда сокращалась на 253 тыс. км<sup>2</sup> в день, что существенно быстрее, чем в среднем для этого месяца — скорость потери льда также установила рекорд за всю историю спутниковых наблюдений начиная с 1979 года (Рис.1.) В настоящее время площадь ледового покрова океана в Антарктике очень сильно колеблется: так, в 2007 и 2014 годах, напротив, фиксировались максимумы декабрьской площади льда. Средняя площадь морского льда в Арктике в декабре 2018 года составила 11,86 млн. км<sup>2</sup>, что на 980 тыс. км<sup>2</sup> меньше среднего значения за 1981 - 2010 годы. К 31 декабря 2018 года площадь арктического льда занимала третью строчку в рейтинге исторических минимумов.

Увеличение температуры в Арктике из-за уменьшения количества ледяного покрова, который в настоящее время отражает большое количество солнечной радиации, может запустить ответный механизм и привести к еще большему потеплению. Оценки измерений температуры воздуха и аномалий толщины снежного покрова для района Арктической зоны Сибири 70°- 110° в.д. и севернее 65° с.ш.

выполнены по данным шести моделей CMIP5 [4]. Модели дают качественно согласованные друг с другом результаты для температуры воздуха. Среднее по ансамблю показывает увеличение температуры на  $1.3^{\circ}\text{C}$  с 1970-х до 2000-х годов. Разрушение многолетней мерзлоты в Арктике и изменение альбедо поверхности Земли из-за таяния арктического снега и льда ускорят изменение климата и станут причиной долгосрочного ущерба для мировой экономики на горизонте до 2300 года в размере от 24,8 до 66,9 триллионов долларов [5]. Ожидается, что к 2100 г. среднегодовая температура воздуха в Арктическом регионе увеличится в диапазоне от 1,4 до 5,8  $^{\circ}\text{C}$  [4].

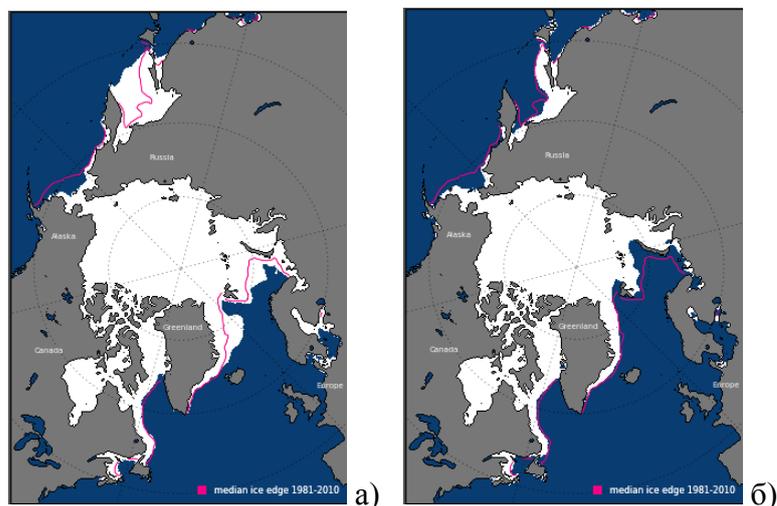


Рис. 1 — Изменение площади области арктического льда с 1979 г. (фото слева) по 2018 г. (фото справа). Источник: [6]

Рассматривая возможные причины современных климатических изменений в Арктике стоит отметить, что Атлантический океан является важным звеном климатической системы Земли. Изучение отклика характеристик Арктического климата на притоки Атлантических вод на  $60^{\circ}$  с.ш. и в Северно-Европейском бассейне играет ключевую роль в прогнозировании изменения климата. Существует предположение, что мультидекадные (здесь под декадой понимается 10-ти летний период) изменения климата во многом порождаются долгопериодными собственными изменениями в термохалинной циркуляции Северной Атлантики (область Атлантического океана от экватора до  $70^{\circ}$  с.ш.), природа которых до сих пор до конца не изучена [7]. Термохалинная циркуляция Северной Атлантики – медленное движение, которое переносит поверхностные воды с юга на север. Далее примерно на  $60^{\circ}$  с.ш. они опускаются и возвращаются на юг в глубинных слоях. Климатические изменения, вызываемые собственными изменениями в термохалинной циркуляции Северной Атлантики, могут быть сравнимыми или даже превышать современный долгопериодный тренд потепления климата Земли, в свою очередь вызванный внешними, в основном, антропогенными факторами. Мультидекадные (главным образом квази-шестидесятилетние) колебания климата хорошо проявляются в так называемом индексе Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) [8], который рассчитывается по осредненной по области Северной Атлантики поверхностной температуре. В ряде работ выявлено воздействие индекса на климатические условия в Северном полушарии [7–9]. Так индекс Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) может оказывать влияние на изменения температуры воздуха, осадков и стока рек в Северном полушарии, на активность ураганов в Северной Атлантике, а также на атмосферные переносы тепла и влаги в Атлантико-Европейском регионе и циркуляцию Североатлантических вод.

Наблюдаемое и ожидаемое в ближайшем будущем глобальное потепление наряду с положительным эффектом (снижение потребления топлива на отопление,

улучшение агроклиматических характеристик и др.) может принести России и значительные проблемы. В частности, в условиях изменения климата в Арктической зоне ситуация с освоением нефтяных и газовых месторождений арктических морей в перспективе может претерпеть кардинальное изменение, так как к потеплению особенно чувствительны льды Арктики. В первую очередь это касается состояния вечной мерзлоты, площадь распространения которой в России превышает 11 млн км<sup>2</sup>, что составляет до 65% территории страны (Рис. 2). В последние десятилетия в северных регионах России из-за потепления отмечается деградация вечной мерзлоты. В частности, за период систематических наблюдений (примерно с середины 1950-х гг.) на северо-востоке Европейской России отмечается почти повсеместное повышение температуры грунтов [10]. Наблюдения в Западной Сибири показали, что вечная мерзлота оттаивает на 4 см в год, и в ближайшие 20 лет ее граница может сдвинуться на север на 80 километров. Сокращение территорий с вечной мерзлотой ведет к эрозии и оседанию грунта, изменению гидрологических процессов, снижает стабильность склонов и, таким образом, увеличивает опасность оползней и лавин. Это ставит под угрозу газо-, нефтепроводы и все конструкции, построенные в районах с вечной мерзлотой. Уже сейчас таяние вечной мерзлоты является причиной структурного повреждения дорог и зданий на Аляске и в Сибири. Особенно остро данная проблема стоит для севера Западной Сибири, где сосредоточены и разрабатываются богатейшие нефтегазовые месторождения. Там же находятся крупнейшие в мире города, построенные на вечной мерзлоте, — Воркута, Надым, Уренгой, население которых превышает 300 тыс. человек. Есть все основания предполагать, что в нынешнем столетии природно-климатическая обстановка исследуемого региона изменится самым существенным образом, и это необходимо учитывать уже сейчас при дальнейшем развитии инфраструктуры. Быстрое оттаивание мерзлых пород сопровождается просадками земной поверхности и развитием опасных мерзлотных геологических процессов — термокарста, термоэрозии, солифлюкции, которые могут стать причинами нарушения устойчивости зданий и инженерных сооружений нефтегазового комплекса. Существующие модели динамики криолитозоны способны количественно оценить грядущие изменения вечной мерзлоты только в том случае, если достоверно известны исходные климатические параметры [11].



Рис. 2 — Деградация мерзлоты на территории России в течение второй половины прошлого века [12]

К сожалению, имеющиеся на данный момент долгосрочные метеорологические прогнозы далеки от совершенства, а их достоверность и оправдываемость оставляют

желать лучшего. К настоящему времени стало уже очевидным, что прогнозируемое повышение температуры воздуха за счет антропогенных факторов должно накладываться на естественные долговременные климатические тенденции. Одной из моделей, способных дать достоверный прогноз на основе обширного материала об эволюции антропогенных и естественных климатообразующих факторов, а также современных инструментальных и исторических климатических данных, является регрессионно-аналитическая модель климата. Она была с успехом опробована для прогнозирования климатических изменений Европейского севера России [13]. Результаты математического моделирования динамики состояния многолетнемерзлых пород (ММП) показывают, что при существующих тенденциях изменения климата в исследованных районах Западной Сибири происходит значительная деградация ММП [14]. Одним из важнейших последствий деградации ММП является изменение условий работы сооружений в криолитозоне, которые проектировались без учета такого изменения климата. Дело в том, что прочностные и деформационные свойства ММП, служащих основаниями инженерных сооружений, значительно зависят от температуры. С повышением ее первые уменьшаются, вторые — возрастают, что может привести к деформациям сооружений и материальному ущербу.

С целью снижения риска при проведении на континентальном шельфе работ по обустройству и эксплуатации месторождений необходимо учитывать выявленные тенденции в изменении климата Земли и при проектировании промышленных объектов — портов, терминалов, добывающих платформ, трубопроводов и т.д., предусматривать возможность внесения корректировки в предлагаемые технические решения. В рамках действующих программных документов с целью изучения процессов, связанных с изменением климата, предусмотрена реализация следующих основных мероприятий [15]: изучение резких изменений океанской термохалинной циркуляции в Атлантическом океане и их влияния на предсказуемость европейского климата, включая экстремальные климатические явления; оценка текущих и будущих климатических изменений в Арктике, их воздействия на морскую деятельность и разработка мероприятий по минимизации негативных последствий климатических изменений; определение роли процессов в северной части Тихого океана (потепление поверхностных и распреснение промежуточных вод) в меж океанском обмене, в формировании устойчивых режимов океанской термохалинной циркуляции и в возникновении климатических аномалий Дальневосточного региона.

Наряду с чисто природными факторами, влияющими на цикличное изменение климата Земли, все большее значение приобретает антропогенный фактор, связанный с производственной и жизненной деятельностью человека. К основным вызовам и угрозам экологического характера в арктической зоне относятся: прогрессирующее загрязнение и деградация компонентов природной среды в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки, накопление отходов и поступление загрязняющих веществ в результате трансграничного переноса; высокие риски и затраты при освоении природных ресурсов, включая осуществление транспортных операций в экстремальных климатических условиях; глобальные климатические изменения и их влияние на зону распространения многолетнемерзлых грунтов, развитие опасных гидрометеорологических, ледовых и других природных процессов, увеличение риска и ущерба от этих процессов, техногенных аварий и катастроф. Неблагоприятная экологическая обстановка в арктической зоне Российской Федерации — результат накопленных за многие десятилетия структурных деформаций народного хозяйства, приведших к доминированию природоёмких отраслей промышленности, ресурсоёмких и энергоёмких технологий. Антропогенные нагрузки в ряде регионов уже превысили установленные нормативы, что ведет к истощению и утрате природных ресурсов и значительно ухудшает условия проживания населения.

Мониторинг, диагностика и физическое описание основных региональных механизмов климатической изменчивости (климатических циклов) в высоких широтах Северного полушария позволит минимизировать технологические и экологические риски, повысить эффективность и безопасность производственных процессов. Особое значение это приобретает для месторождений шельфа с точки зрения закладки новых принципов и подходов разработки. Сохранение экологического равновесия морской и геологической сред в районах проведения работ должно стать главной целью деятельности в Арктике.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 18-05-60252).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IPCC. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. Fifth Assessment Report // Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.
2. Hartmann D.L. et al. Observations: atmosphere and surface // Climate change 2013 the physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, 2013.
3. A record-low start to the new year in Antarctica. Arctic Sea Ice News and Analysis [Electronic resource]. URL: <https://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/01/a-record-low-start-to-the-new-year-in-antarctica/> (accessed: 17.05.2019).
4. Stroeve J.C. et al. Trends in Arctic sea ice extent from CMIP5, CMIP3 and observations // Geophys. Res. Lett. Wiley Online Library, 2012. Vol. 39, № 16.
5. Yumashev D. et al. Climate policy implications of nonlinear decline of Arctic land permafrost and other cryosphere elements // Nat. Commun. Nature Publishing Group, 2019. Vol. 10, № 1. P. 1900.
6. Sea Ice Index [Electronic resource] // National Snow and Ice Data Center. 2018. URL: [https://nsidc.org/data/seaice\\_index](https://nsidc.org/data/seaice_index) (accessed: 25.01.2019).
7. Дианский Н.А. Моделирование циркуляции океана и исследование его реакции на короткопериодные и долгопериодные атмосферные воздействия // М. Физматлит. 2013. Vol. 271.
8. Enfield D.B., Mestas-Nuñez A.M., Trimble P.J. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental US // Geophys. Res. Lett. Wiley Online Library, 2001. Vol. 28, № 10. P. 2077–2080.
9. Knight J.R., Folland C.K., Scaife A.A. Climate impacts of the Atlantic multidecadal oscillation // Geophys. Res. Lett. Wiley Online Library, 2006. Vol. 33, № 17.
10. Шушарина Н.М. Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий. Наука, 2006.
11. Павлов А.В., Гравис Г.Ф. Вечная мерзлота и современный климат // Природа. 2000. Vol. 4. P. 10–17.
12. Клименко В.В., Микушина О.В. Изменение природно-климатической обстановки на севере России в первой половине XXI столетия // Энергетическая политика. 2001. № 5. P. 35–42.
13. Клименко В.В., Микушина О.В., Ларин Д.А. Температурные тренды Таймырского региона в условиях глобального изменения климата // Геоэкология. 2001. Vol. 3. P. 195–203.
14. Shiklomanov N.I. et al. Climate change and stability of urban infrastructure in Russian permafrost regions: prognostic assessment based on GCM climate projections // Geogr. Rev. Wiley Online Library, 2017. Vol. 107, № 1. P. 125–142.
15. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [Электронный ресурс]: утв. Президентом РФ 20.02.2013. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

**ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

---

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАЙОНАХ СОВМЕСТНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

*Т.А. Белаиш*

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», г. Санкт-Петербург, belashta@mail.ru

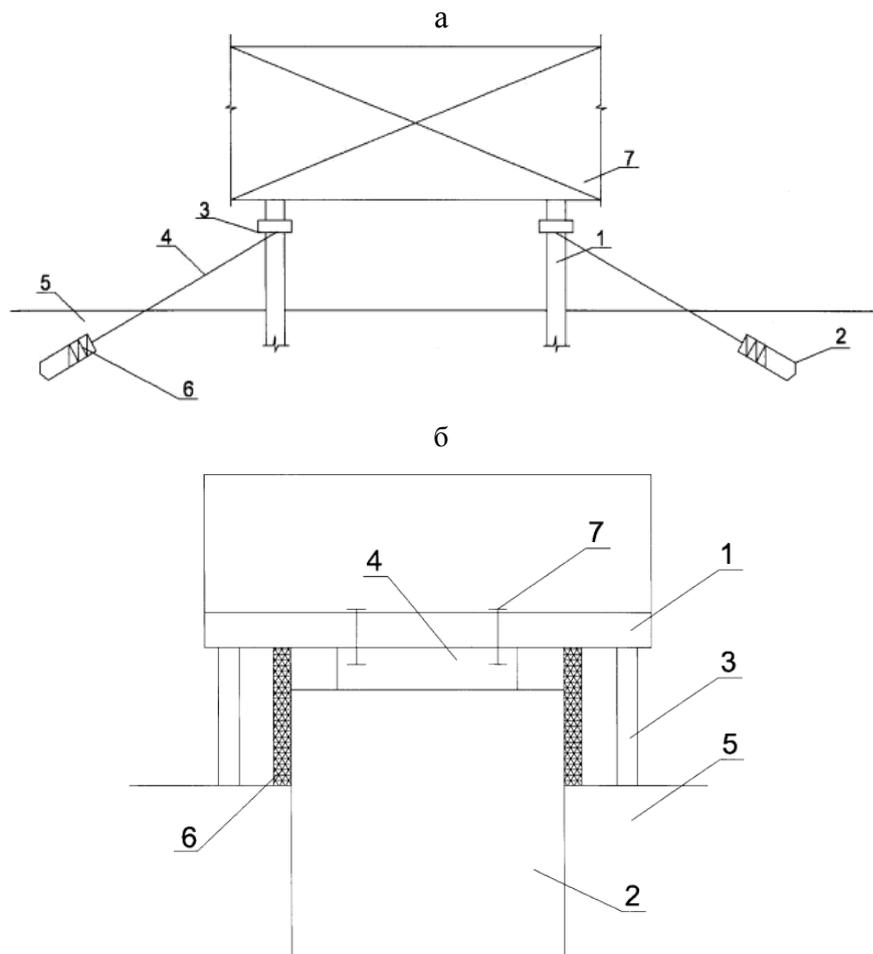
В соответствии с картой климатического районирования России [1, 2] для строительства в районах Севера выделена северная строительно-климатическая зона, охватывающая север и юг восточной части страны. Северная строительно-климатическая зона разделена на три подзоны с различными климатическими особенностями. Для каждой климатической подзоны установлены свои подрайоны. Среди климатических подзон наиболее сложными условиями отличается I подзона, к которой относятся арктические пустыни, тундры, лесотундры, расположенные вдоль побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов. Особенности физико-географических характеристик этих районов подробно представлены в различной литературе, например [2, 3]. При этом следует отметить, что кроме сложных природно-климатических факторов: наличия мерзлоты в различных ее проявлениях, низких температур, ветровых нагрузок, эти территории в отдельных районах подвержены и сейсмической активности различной интенсивности от 6 и более баллов. Учитывая активное освоение Арктического побережья, следует особое внимание при проектировании зданий и сооружений различного назначения, уделять сочетанию выше указанных неблагоприятных условий. При этом наиболее важным вопросом остается выбор эффективной конструкции фундамента. В соответствии с рекомендациями [4] в районах залегания вечномерзлых грунтов необходимо использовать два принципа строительства, к которым относятся: принцип I – сохранение мерзлого состояния в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации и принцип II – грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии. Реализация одного и другого принципа осуществляется через определенные конструкции фундаментов, которые должны обеспечивать надежность поведения объекта не только в условиях вечной мерзлоты, но и в случае возникновения землетрясений. В этой связи особое внимание необходимо уделять вопросам выбора эффективных решений фундаментных конструкций.

На кафедре «Здания» Петербургского государственного университета путей сообщения проводятся исследования по оценке возможности использования различных конструкций фундаментов для условий совместного проявления вечной мерзлоты и сейсмичности, включающие как разработку конструктивных предложений, так и проведение расчетно-теоретических исследований, некоторые результаты из которых представлены ниже.

В условиях залегания вечной мерзлоты при использовании принципа I наиболее целесообразной конструкцией фундаментов являются свайные фундаменты с высоким ростверком. При этом следует отметить, что такой фундамент является эффективным и в случае совместного проявления вечной мерзлоты и сейсмичности [5]. Сваи не только обеспечивают надежное основание в условиях вечномерзлых грунтов, но и могут выполнять роль гибких элементов, которые можно рассматривать в виде элементов сейсмоизоляции. Однако наиболее опасным местом в конструкции рассматриваемого фундамента во время землетрясения является узел сопряжения сваи с ростверком, т.к. при некоторых сейсмических воздействиях могут возникнуть значительные перемещения основания. Такие перемещения характерны при сейсмических воздействиях, в спектре которых содержатся низкочастотные составляющие, вызывающие опасную раскачку сооружения. Для ограничения этих перемещений при

сильных землетрясениях в конструкции свайного фундамента с высоким ростверком необходимо включать дополнительные элементы, позволяющие осуществлять гашение сейсмических колебаний свайного фундамента. Конструктивные примеры возможных решений представлены на рисунке 1 [6, 7].

На рисунке 1а представлен свайный фундамент с высоким ростверком, позволяющим снизить сейсмические колебания во время землетрясения за счет гибкости свай. Для ограничения чрезмерных колебаний используются тяжи, присоединенные с помощью крепежных элементов. Тяжи устанавливаются под наклоном к горизонту для увеличения диапазона направления работы. Они передают нагрузку на заглубленные в грунте и расположенные в полостях наклонных свай демпферы.



а – Свайный фундамент с высоким ростверком с присоединенными к нему крепежными дополнительными элементами [6]: 1 – опорный элемент (сваи); 2 – полые наклонные сваи; 3 – крепежные элементы; 4 – тяжи; 5 – грунт; 6 – демпфер; 7 – здание

б – свайный фундамент с высоким ростверком с включением элемента демпфирования в виде массивного блока [7]: 1 – верхняя плита; 2 – нижняя плита; 3 – вертикальные гибкие элементы (сваи); 4 – массивный блок; 5 – грунтовое основание; 6 – теплоизоляционный слой; 7 – шарнирные связи

Рис. 1 – Варианты предлагаемых свайных фундаментах с высоким ростверком

Конструкция фундамента сейсмостойкого здания представленная на рисунке 1б, состоит из верхней и нижней плит, вертикальных гибких связей (свай), массивного блока. Нижняя плита выполнена из льда и установлена с заглублением в грунтовое основание, причем надземная часть нижней плиты облицована теплоизоляционным слоем. Массивный блок выполнен в виде цилиндра, и соединен с верхней плитой с

помощью шарнирных связей. При колебаниях, вызванных сейсмическими воздействиями, надземная часть здания перемещается, происходит это за счет вертикальных гибких связей. При достижении определенной величины амплитуды колебаний, массивный блок, соединенный с верхней плитой начинает передвигаться своей нижней частью по нижней плите изо льда. За счет трения между нижней плоскостью массивного блока и верхней плоскостью нижней плиты происходит гашение колебаний. Устройство нижней плиты изо льда способствует сохранению грунтового основания в мерзлом состоянии, предотвращая передачу тепла из внешней среды. Для сохранения льда в конструкции фундамента на границе части нижней плиты, возвышающейся над уровнем земли, присутствует теплоизоляционный слой, который позволяет сохранить основание в мерзлом виде в период положительных температур воздуха.

Для оценки эффективности свайных фундаментов с высоким ростверком были проведены расчетные исследования с использованием различных расчетных моделей (плоских и пространственных) с учетом взаимодействия с мерзлым основанием. Исследования выполнялись согласно принятой нормативной методики [8]. В процессе исследования варьировались свойства свайного фундамента, включая материал свай, их длину и количество, свойства мерзлого основания, характеристики элементов гашения колебаний. В расчетных моделях грунт моделировался при помощи объемных элементов, обладающих определенной жесткостью. Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе выполнялась оценка сейсмостойкости зданий на свайном фундаменте с высоким ростверком без дополнительных элементов гашения в конструкциях фундамента, на втором этапе с включениями элементов гашения в виде демпферов сухого трения.

В результате исследования установлено, что снижение сейсмических нагрузок на здание в два и более раз можно обеспечить за счет податливости свайного фундамента, при этом конструкцию свай рекомендуется выполнять из металлических свай кольцевого сечения с наружным диаметром  $\sim 20$  см. Для повышения работоспособности свайного фундамента при землетрясениях целесообразно соединение свай с ростверком осуществлять фрикционно-подвижным. Величину дополнительного демпфирования в конструкциях свайного фундамента рекомендуется назначать не менее 25 % от критического значения. В целом выполненные исследования подтвердили возможность использования конструкций свайных фундаментов с высоким ростверком в районах совместного проявления вечной мерзлоты и сейсмической активности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99\*\* Строительная климатология». М.: Минстрой России.
2. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах /Под ред. Ю.Я. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова. М.: Стройиздат, Лен. отд., 1977. – 552 с.
3. Бела Т.А., Уздин А.М. Железнодорожные здания для районов с особыми природно-климатическими условиями и техногенными воздействиями: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2007. – 372 с.
4. СП 25.13330.2010 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах». М.: Минрегион России.
5. Гриб С.И. Свайные фундаменты на вечномерзлых грунтах в сейсмических районах. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд. 1983. – 152 с.
6. Фундамент сейсмостойкого здания: пат. 156644 Рос. Федерация: МПК Е 02 D 27/34/ Белаш Т.А., Сергеев Д.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

- профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» - № 2015111380/03; заявл. 30.03.2015; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.
7. Фундамент сейсмостойкого здания: пат. 145799 Рос. Федерация: МПК Е 04 Н 9/02/ Белаш Т.А., Нудьга И.Б., Сергеев Д.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» - № 2014120020/03; заявл. 19.05.2014; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27.
  8. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах». М.: Минстрой России.

### **УДАЛЕННЫЙ ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ СООРУЖЕНИЙ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСА МИНИ-СМИК**

*С.Д. Иванов<sup>1</sup>, К.И. Холодков<sup>1</sup>, И.М. Алешин<sup>1</sup>, Ф.В. Передерин<sup>1</sup>, В.И. Осика<sup>1</sup>,  
Е.И. Павлов<sup>2</sup>, А.Н. Демидкова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, ima@ifz.ru

<sup>2</sup> ООО НПЦ «БАУ-Мониторинг», г. Москва.

Оценка состояния сложных строительных сооружений, особенно эксплуатируемых в условиях крайнего Севера, требует систематического подхода к мониторингу с целью контроля за их деградацией. На сегодняшний день, в связи со снижением стоимости компактных вычислительных устройств и развитием телекоммуникационных технологий, оперативный мониторинг зданий и сооружений становится все более доступным. Использование удаленного мониторинга, в свою очередь, позволяет отказаться от необходимости постоянного присутствия специалистов службы мониторинга на объекте, что актуально в случае его размещения в труднодоступных районах.

Система оперативного удаленного мониторинга включает в себя: собственно датчики, систему локального сбора данных, канал их передачи и центр мониторинга.

В качестве системы датчиков можно рассмотреть комплекс МИНИ-СМИК (Система Мониторинга Инженерных Конструкций) разработанный «НПЦ БАУ-МОНИТОРИНГ» при тесной интеграции с Институтом физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. Данный комплекс датчиков позволяет контролировать состояние сооружения с использованием различных физических процессов. В него входят датчики напряженно-деформированного состояния, угловых перемещений и вибрационных воздействий [1].

По соображениям стоимости и низкого энергопотребления в качестве системы локального сбора данных следует обратить внимание на одноплатные компьютеры на базе архитектуры ARM. Такие компьютеры производятся как за рубежом (BeagleBone Black [2] и Raspberry Pi [3]), так и в России (MB77.07 [4]). Они поддерживаются некоторыми популярными дистрибутивами GNU/Linux, что позволяет максимально расширить возможности использования различного прикладного ПО для сбора данных.

В качестве канала передачи данных могут быть использованы проводные локальные сети Ethernet, беспроводные сети IEEE 802.11 (WiFi), мобильные сотовый сети, а также специализированные устройства (радиомодемы, сети ZigBee и т.д. Для передачи данных целесообразным представляется использование протокола SeedLink [5], а для хранения — формата MiniSEED [6].

Работа центра мониторинга включает в себя ведение архива наблюдений (для этого, в случае работы использования протокола SeedLink, можно воспользоваться инструментом lsarchive) и инструменты оперативного обзора. В качестве таких инструментов можно использовать специализированную базу данных InfluxDB [7] и интерактивную приборную панель Grafana [8]. Эти инструменты в сочетании предоставляют нам готовый Web интерфейс для построения систем оперативного обзора.

В качестве демонстрационного пример такой системы нами была произведена установка набора датчиков МИНИ-СМИК (один деформометр и два наклономера) на одной из стен пристройки здания ИФЗ РАН [9]. Данные с приборов по протоколу RS-485 передаются в миникомпьютер MB77.07 который упаковывает и передает данные на сервер ИФЗ по мобильной сотовой сети. Получаемые данные отображаются на сайте <https://data.ifz.ru>

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осика В. И., Кочетков Б.М., Павлов Е.И., Качан И.П., Пчелинцев В.А. Применение геофизических датчиков из кварцевого стекла в системах контроля строительных сооружений и крупных механизмов // Наука и технологические разработки. 2017. Т. 96. № 1. С. 19--32.
2. BeagleBone Black. Low-cost, community-supported development platform for developers and hobbyists. URL: <http://beagleboard.org/black>
3. Raspberry Pi. A small and affordable computer that you can use to learn programming. URL: <https://www.raspberrypi.org/>
4. Микрокомпьютер MB77.07. ИТЦ «Модуль». URL: [https://www.module.ru/catalog/multimedia/multimedia\\_pc/](https://www.module.ru/catalog/multimedia/multimedia_pc/)
5. SeedLink. Incorporated Research Institutions for Seismology. URL: <http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/services/seedlink/>
6. miniSEED. Incorporated Research Institutions for Seismology. URL: <http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/data/formats/miniseed/>
7. InfluxDB 1.7 documentation. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/v1.7/>
8. Grafana: The open platform for beautiful analytics and monitoring. URL: <https://grafana.com/>
9. Алешин И.М., Иванов С.Д., Холодков К.И., Передерин Ф.В., Осика В.И., Павлов Е.И. Удаленный оперативный мониторинг сооружений на базе комплекса МИНИ-СМИК // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46, № 1. С. 39–48.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЕДЕРЕВЯНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

*Ж. В. Иванова, Я. А. Кирилук*

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», г. Санкт-Петербург, [syrmava@mail.ru](mailto:syrmava@mail.ru)

В последние годы одним из главных стратегических направлений отечественного развития является освоение Артистической зоны, в связи с возможностью создания новых транспортно-логистических путей, ведущих к северным морям, военно-политического потенциала и содержанием в недрах региона минерального сырья, общая стоимость которого составляет примерно 30 трлн. долларов [1, 2]. В результате возникает необходимость в строительстве объектов различного назначения.

В высоких широтах, где преобладают такие факторы, как экстремальные природно-климатические условия (низкие температуры в течение долгого периода времени, полярный день и полярная ночь, сильные ветра и т. д.), недоступность и изолированность этих районов, формируется неблагоприятная психологическая обстановка для человека. В этой связи первостепенное значение имеет вопрос создания комфорта для проживания людей в этих условиях. Одним из решений этой проблемы служит возведение общественных зданий, к примеру, спортивных сооружений, театральных комплексов, культурных центров, кинотеатров и т. п., которые восполняют недостаток в культурно-массовых и досуговых мероприятиях с одной стороны, с другой – обеспечат безопасность нахождения в них людей с учетом сложных инженерно-геологических условий строительства.

Проектирование таких объектов предполагает использование большепролетных конструкций различной формы, при этом наиболее эффективным материалом для них является дерево, хорошо себя зарекомендовавшее в районах Севера благодаря таким преимуществам как легкость, возможность придания любой формы, высоким прочностным свойствам и др. Подтверждение этому демонстрируется многочисленными примерами, некоторые из которых представлены ниже.

Издавна одним из основных направлений национальной архитектуры славян являлось деревянное зодчество, где в качестве основного материала применяли древесину, что было характерно при освоении северных регионов, в которых возводили жилища, хозяйственные постройки, оборонительные сооружения и культовые здания [3]. Например, Кольский острог (в настоящее время это город Кола), основанный в начале 16 века, был вырублен из дерева (Рис. 1) [4]. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа в 17 веке существовало поселение Мангазея, которое было обнесено деревянной крепостной стеной с пятью башнями [3].

Коренные народы Севера также используют древесину для строительства своих традиционных жилищ, отличные от форм славянских построек (Рис. 2): конструкции имеют круглое очертание, заканчивающееся конусом или куполом.

Для создания в условиях высоких широт большепролетных деревянных конструкций важным является их форма, т. к. от нее зависят возможные восприятия различных нагрузок на здания. Наиболее сложными из таких нагрузок являются ветровые, которые обусловлены такими показателями, как аэродинамические коэффициенты формы, размеры и положение объекта относительно ветрового потока.

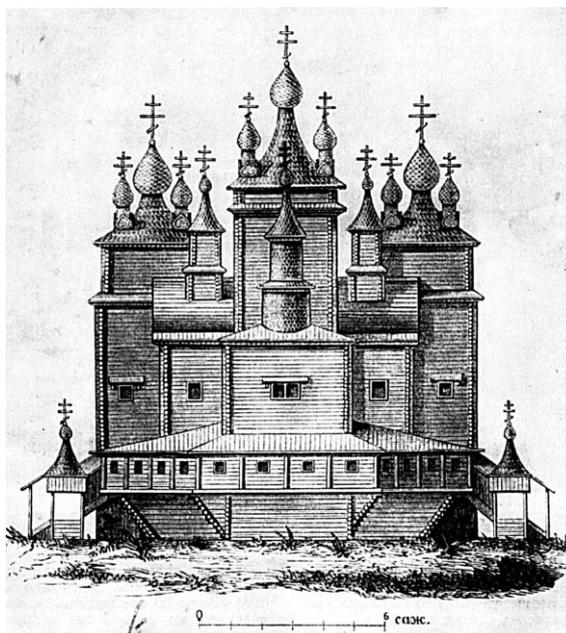
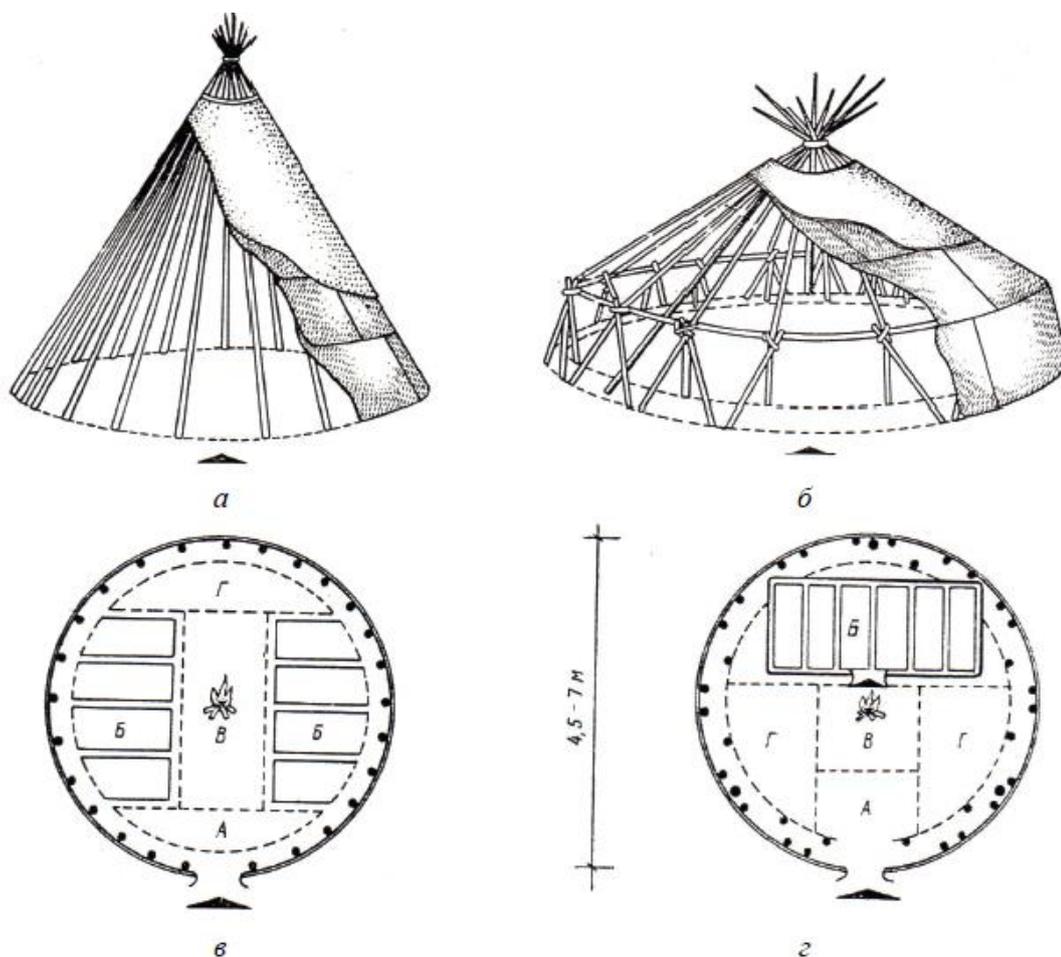


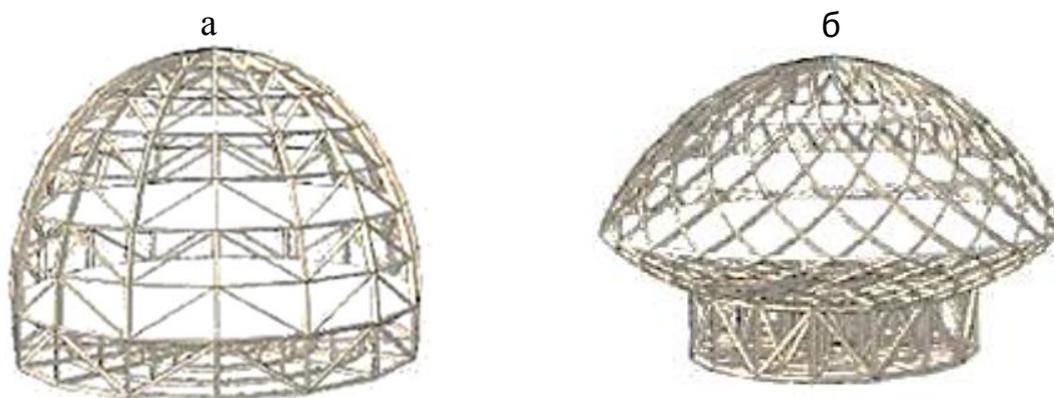
Рис. 1 – Несохранившийся Воскресенский собор (высота 37 м) в Кольском остроге [4]



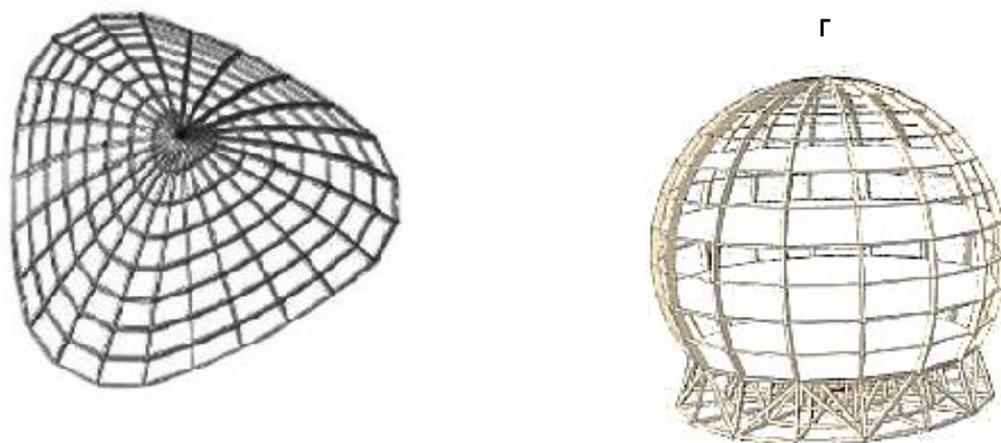
а – чум, б – юрта; в, г – планировка жилья (А – зона входа, Б – зона сна и отдыха, В – очаг, Г – зона хранения продуктов питания)

Рис. 2 – Традиционные жилища народов Крайнего Севера [3]

В Арктической зоне выбор формы, что особенно характерно для большепролетных зданий, является одним из наиболее существенных вопросов проектирования общественных объектов. В наше время существуют различные предложения по оценке объемно-планировочных решений в северных условиях, в которых основным фактором является форма постройки, создающая определённый пространственный объем. На рисунке 3 представлены некоторые примеры типов форм для данного региона, предложенные в работе специалистов [5].



В



а – купол; б – линза; в – конус Рело; г – сфера  
Рис. 3 – Модели рациональных форм конструкции [5]

Анализ выше представленных форм показывает возможность их применения для зданий в арктических условиях. Рассмотренные решения предложены для выполнения конструкций из цельной древесины, которая несмотря на свои преимущества, не позволяет уменьшить стоимость монтажных работ, объёмный вес конструкции и др. В связи с этим возникает необходимость поиска наиболее эффективных материалов, выполненных из дерева, например, из клеендеревянных конструкций, предел прочности которых возрастает при отрицательных температурах [6].

Результат возможности использования клееной древесины для большепролетных общественных зданий представлен в настоящем докладе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милославский В. Г. Освоение российской Арктики и арктических территорий: потенциал, конкуренция и проблематика // Молодой ученый, 2017. №18. С. 157-161.
2. Российская Арктика в изменяющемся мире: монография / Под ред. Ю.Ф. Лукин / Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 281 с.
3. История проектирования и строительства гражданских зданий на Севере / Под ред. Гончарова Ю. М. / Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. 316 с.
4. Живописная Россия — отечество наше в его земельном, историческом, племенном, экономическом и бытовом значении. Т.1.ч.1./ Под ред. П. П. Семенова / СПб.:Тов. М. О. Вольф, 1881. 404 с.
5. Инжутов И. С., Жаданов В. И., Назиров Р. А. и др. Предложения по разработке военных сооружений в арктических и континентальных широтах / Сб. науч. трудов по материалам конференции. Красноярск. 2017.
6. Винокуров А. А., Докторов И. А., Лавров М. Ф. Влияние отрицательной температуры и влаги на прочность цельной и клееной древесины / Вестник СВФУ. 2006. №3. С. 71-76.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАНОСИМОСТИ НА УЧАСТКАХ СУДОВОГО ПУТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОРТУ АРХАНГЕЛЬСК

*С.М. Иглин*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, iglin.sm@bk.ru

Современные тенденции развития морской инфраструктуры, особенно в сфере транспортировки углеводородов, неразрывно связаны с обеспечением высокого уровня безопасности мореплавания, что выражается в актуализации глубин на судоходных объектах, определения масштабов и распределения заносимости и проведение ремонтных дноуглубительных работ. Заносимость, то есть обмеление акваторий гидротехнических сооружений - негативный для судоходства процесс, протекающий под воздействием природных и антропогенных факторов.

Архангельск является крупным портовым центром Северо-Запада России, обеспечивающий доставку грузов не только в акватории Белого моря, но и в значительной степени всего Арктического бассейна. Принимая во внимание, что судовым перевозкам в Арктике в ближайшие годы нет серьёзной альтернативы [1], содержанию транспортной инфраструктуры в рабочем состоянии уделяется большое внимание. Судовой ход порта, в особенности морская часть, как и другие морские каналы [2-4], подвергается значительным процессам заносимости, что обязывает проводить ежегодные дноуглубительные работы. Анализируя данные по грузообороту в порту за 2014-2018 года, можно сделать вывод о том, что нефть и нефтепродукты составляют почти 50% от общей массы грузов.

Целью настоящей статьи является оценка заносимости на судоходных объектах транспортировки углеводородов в морском порту Архангельск. В связи с этим поставлены следующие задачи:

- по данным регулярных съёмок рельефа дна (СРД) построить среднюю поверхность разности глубин для оценки заносимости в зимний навигационный период;
- разработать способ вербально-числовой оценки заносимости каналов по толщине наносов;
- оценить интенсивность заносимости на судоходных участках.

### ***Методы и материалы***

Основой для оценки интенсивности образования наносов в акватории порта Архангельск послужили цифровые модели рельефа дна, полученные в ходе проведения ежегодных гидрографических работ филиалов ФГУП «Росморпорт» за 2014-2018 годы. Работы выполнялись с борта судов, оснащенных автоматизированным гидрографическим комплексом на базе многолучевого эхолота Kongsberg EM 3002. Позиционирование судна и выполнение СРД проводилось с помощью спутникового навигационного приемника Trimble SPS 461 в мировой системе координат WGS-84, в универсальной проекции Меркатора UTM в зоне 37N. Глубины приводились к «нулю» порта Архангельск 1881 г (-1.083м в Балтийской системе высот 1977 г). Методики выполненных гидрографических работ соответствуют нормативно-техническим документам.

Для классификации интенсивности заносимости каналов методом нечётких множеств автором разработана вербально-числовая шкала (Табл. 1), в соответствии с которой произведена оценка заносимости. Такие шкалы используются для геоэкологической оценки ситуации, необходимой для принятия производственных решений [5].

Таблица 1 – Разработанная вербально-числовая шкала для оценки интенсивности заносимости канала МБ по толщине наносов

Мощность наносов, см	<0	0-10	10-30	30-60	60-150	>150
Вербальная оценка	Отсутствует	Незначительная	Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная

Судовой ход порта Архангельск был разбит на 4 участка по географическому положению в устье реки Северная Двина: Устьевое взморье, Маймаксанская протока, Кузнечевская протока (от порта Экономия до причалов ООО «РН-Архангельскнефтепродукт»), городская часть (Рис. 1). Была выбрана зимняя навигация (с декабря по апрель) – как основной временной промежутком оценки заносимости, так как за это время накапливается существенный объем наносов на каналах, особенно во время весеннего половодья, отсутствует регулярная актуализация глубин.

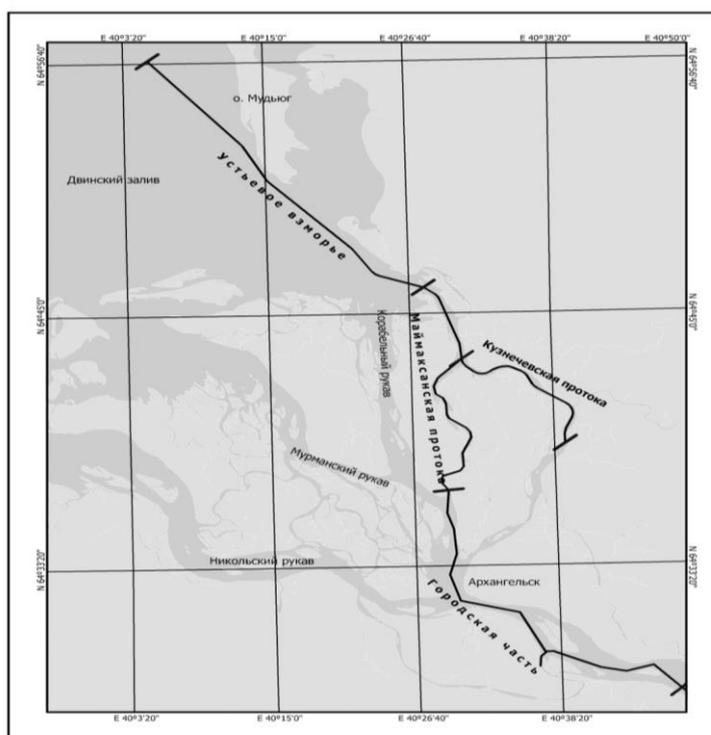


Рис. 1 – Схема морского порта Архангельск. Участки судовой хода: Устьевое взморье, Маймаксанская протока, Кузнечевская протока, Городская часть

Из исходных данных СРД с помощью специализированного гидрографического программного обеспечения была построена средняя поверхность разности глубин за 2014-2018 годы. Plusовые значения аппликат полученных точек означали наличие отложения наносов, а отрицательные наличие процессов размыва канала. Дальнейшая оценка производилась в программном продукте Microsoft Excel, путем расчета математических характеристик и процентов содержания наносов различных мощностей в соответствии с таблицей 1.

Результаты проведенных исследований и полученные характеристики участков судовой хода представлены в таблице 2.

В среднем, во всей акватории судовой хода преобладает незначительная заносимость. Однако на каждом из участков есть зоны, наиболее подверженные заносимости, которые аккумулируют речной грунт в большей степени. Эти зоны

наиболее опасны с точки зрения мореплавания и требуют регулярного проведения ремонтных дноуглубительных работ.

Полученные результаты говорят о том, что наибольшие объемы (объемы на 1 м<sup>2</sup>), максимальные толщины наносов наблюдаются в акватории устьевого взморья реки Северная Двина. Большая часть наносов этого участка концентрируется в зоне канала Мудьюгских башен (северной части судового хода), где преобладает средняя заносимость, но присутствует сильная и очень сильная. Заносимость устьевого взморья имеет сезонный характер, соответственно, каждую летнюю навигацию необходимо проведение дноуглубления для обеспечения нормального судоходства.

Таблица 2 – Характеристики интенсивности заносимости участков судового хода в морском порту Архангельск

	Устьевое взморье	Кузнечевская протока	Маймаксанская протока	Городская часть	
Максимальная толщина наносов, м	1.53	0.32	0.64	1.51	
Максимальный размыв, м	0.51	0.91	0.75	1.96	
Средний медианный слой наносов, м	0.09	0.06	0.03	0.01	
Объем наносов, м <sup>3</sup>	374 404	81 052	65 331	146 168	
Объем размыва, м <sup>3</sup>	10 804	3 865	10 056	77 344	
Объем наносов на 1 м <sup>2</sup> , м <sup>3</sup>	0.13	0.06	0.03	0.07	
Процентное соотношение наносов на канале	< 0 см	10.5	4.3	20.0	45.3
	0-10 см	52.7	90.3	72.3	31.5
	10-30 см	23.5	5.4	7.5	18.8
	30-60 см	10.3	0	0.11	3.8
	60-150 см	2.9	0	0.003	0.61
	> 150 см	0.001	0	0	0.0003

Городская часть судового хода, проходящая по главному устью реки, также существенно подвержена регулярному образованию наносов. Заносимость имеет также сезонный характер. Наиболее интенсивно это происходит в зоне Соломбальского, Хечеминского и Амосовского каналов. В этих зона локально наблюдается сильная и очень сильная заносимость. Ярко выражены процессы размыва дна, что говорит о последующей аккумуляции наносов в других зона дальше по течению (Мурманский рукав, Никольский рукав, Маймакса и др.)

### **Выводы**

Приливно-отливные, сгонное-нагонные явления, прохождение половодья, явления маргинального фильтра [7-9] – основные природные причины современного формирования рельефа дна устьевой области Северной Двины. За зимнюю навигацию в акватории устьевого взморья и городской части откладываются наносы лимитирующие судоходство и требующие восстановления глубин путем проведения дноуглубления.

Дельтовая зона устья Северной Двины, представленная в работе Кузнечевской и Маймаксанской протокой, подвержена заносимости в меньшей степени. Заносимость имеет многолетний характер, для появления условий небезопасного судоходства требуется значительный промежуток времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тутыгин А.Г. Концепция создания комплекса моделей развития транспортной инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации // Научное обозрение, 2016. № 24. С. 182-185
2. Губкина Н.А. Защита морских подходных каналов от заносимости. Автореф. дис. канд. техн. наук, Москва, 2007. 23 с.
3. Кривицкий С.В., Архипов Б.В., Солбаков В.В., Соловьев М.Б. Заносимость отдельных участков Волго-Каспийского судоходного морского канала // Вестник МГСУ, 2013. № 6. С. 177-188.
4. Власов В.М. Морские каналы и средства навигационного оборудования морских путей. Москва: Транспорт, 2001. 368 с.
5. Коробов В.Б. Построение вербально-числовых шкал методом нечетких множеств для оценки состояния природных объектов // Проблемы региональной экологии, 2005, № 5. С. 18-23.
6. Римский-Корсаков Н.А., Коротаев В.Н., Иванов В.В., Пронин А.А., Демиденко Н.А. Морфология дна и литодинамические процессы на устьевом взморье и в дельте Северной Двины. Океанология, 2017, Т. 57, № 2, С. 348-360.
7. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология, 1994. Т. 34. № 5. С. 735–737.
8. Брызгалов В.В., Скибинский Л.Э., Богунов А.Ю. Исследование устьевой области реки Северной Двины хронокартографическим методом. Архангельск: Лодия, 2008. 143 с.
9. Иглин С.М. Оценка масштабов заносимости судоходных объектов в морском порту Архангельск // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы освоения месторождений нефти и газа приарктических территорий России» (27-28 сентября 2018), Архангельск: САФУ, 2018. С. 90-96.

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ПГТ. КАА-ХЕМ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА – ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

*Э.Т. Кара-оол, С.В. Санчат, К.Б. Бегзи*

ФГБОУ ВО Тувинский государственный университет, г. Кызыл, [ertejibbc@mail.ru](mailto:ertejibbc@mail.ru),  
[saynash@gmail.com](mailto:saynash@gmail.com), [shudaing@mail.ru](mailto:shudaing@mail.ru)

Комплексное территориальное планирование и уделение сбалансированного внимания условиям жизни в населенных пунктах имеют огромное значение для всех стран.

Одним из важнейших условий повышения качества жизни жителей муниципального образования, является обеспечение населения бесперебойным теплоснабжением, водоснабжением, канализацией и электроснабжением, обеспечивающим комфортные условия существования [1].

Поселок городского типа Каа-Хем является административным центром Кызыльского кожууна Республики Тыва. Расположен на левом берегу реки Каа-Хем, непосредственно гранича с востока с удалённой частью города Кызыла под названием Ближний Каа-Хем, от которого его отделяет Кызыльская ТЭЦ – самое крупное предприятие ТЭК республики.

В настоящее время Республика Тыва является одним из лидеров по рождаемости в России. Только за четыре месяца 2018 года показатель рождаемости в регионе почти в два раза превысил среднероссийский. В Туве он оставил 21,9% на 1 тыс. человек,

тогда как в целом по России – 11,2%. Численность населения Республики ежегодно увеличивается, в том числе в поселке городского типа – Каа-Хем (Табл. 1). На сегодняшний день численность населения поселка превышает 18,5 тыс. человек и в очереди на дошкольное образование находятся почти 2,3 тыс. детей [2]. Наблюдается нехватка мест в детских садах, переполнены школы, не только в пгт Каа - Хем, но и во всей Туве. Несмотря на социальные проблемы в поселке Каа-Хем численность населения увеличивается согласно древней традиции иметь большую и крепкую семью.

Таблица 1 – Сведения о населении пгт. Каа-Хем

Годы	Численность населения, чел
2016	16942
2017	17618
2018	18227

Одной из острых проблем пригорода столицы республики – поселка городского типа Каа-Хем – является отсутствие централизованной инженерной инфраструктуры для объектов, обеспечивающих социальные потребности населения [3,4].

Кроме этого, из-за притока населения с соседних малых деревень в поселке появилась потребность и в дополнительных школах, и детских садах, и других социальных объектах. В данном поселке также осуществляется строительство спортивного комплекса регионального значения, который позволит вместить в свои стены до 4,5 тыс. человек.

Например, самовольное и бесконтрольное строительство частных домов без проектов приносит немало проблем, в частности, в районе Хербис. Ежегодно весной и летом из-за быстрого таяния снега и при обильном выпадении осадков в виде дождя происходит затопление района (Рис. 1).



Рис. 1 – Затопление района Хербис пгт. Каа-Хем

Поэтому проблема отсутствия централизованной и инженерной инфраструктуры для территории и объектов, а также обеспечивающих социальные потребности населения является одной из актуальных, социально-экономических проблем в пгт. Каа-Хем (Рис. 2).



Рис. 2 – Пгт. Каа-Хем

Сложившаяся ситуация вызывает социальную напряженность среди населения пгт. Каа-Хем.

Поэтому для решения проблемы нужно:

- 1) Создать проект по развитию инженерной инфраструктуры пгт. Каа-Хем и строить новые детские сады, школы, поликлиники, спортивные залы и другие социальные здания с централизованной и инженерной инфраструктурой.
- 2) Организовать ливневые стоки возле района Хербис.
- 3) Необходимо принять меры по улучшению технического состояния инженерных сетей (своевременный ремонт и замена изношенных сетей).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвинова Р.М., Адоньева А.В. Инженерная инфраструктура городского поселения «город Взники» Владимирской области – проблемы и пути решения // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. № 1 (13). С. 8-13.
2. Сапожникова Н.Ю. Проблема нехватки детских садов [Электронный ресурс].- режим доступа: <http://www.tsu.ru/grants/conferences>
3. Майны Ш.Б., Седип С.С. Особенности взаимодействия безнапорных канализационных трубопроводов подземной прокладки с несогласующимися грунтами // Естественные и технические науки. 2015. № 1 (79). С. 144-146.
4. Майны Ш.Б., Заборщиков О.В. Анализ опыта строительства и эксплуатации канализационных трубопроводов в районах глубокого сезонного промерзания грунтов / Актуальные проблемы современного строительства: материалы международной научно-технической конференция молодых ученых. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. С. 13-17.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В АРКТИКЕ

*Е.А. Рогачева*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, rogacheva.e@edu.narfu.ru

В данной статье рассматриваются перспективные проекты развития ядерных технологий в России на примере Арктического региона. Совокупное рассмотрение всех составляющих данного процесса позволяет сделать вывод, что на данном этапе Россия выступает в роли лидера в освоении Арктики.

На протяжении многих лет Россия является ведущей страной в области освоения и изучения арктического региона. Причем ее лидерство в области энергетики обусловлено как высоким уровнем технического развития, так и использованием принципиально новых идей и решений. Примером этому могут служить проекты атомных станций малых мощностей и плавучих атомных станций. Данные проекты уже сейчас привлекают внимание широкой общественности своей необычностью и перспективностью.

Как известно, изучение Арктики представляет собой перспективное направление в развитии Российской Федерации и других стран из-за особого геостратегического положения, а также из-за наличия там огромных залежей ценных ископаемых, столь необходимых современной индустрии. Но, как ни банально это звучит, для освоения энергетических ресурсов нужна энергия, в которой труднодоступные регионы Арктики испытывают острый дефицит. Износ основных фондов энергетической инфраструктуры, высокая энергоемкость добычи природных ресурсов, неразвитость энергетической системы, высокая себестоимость генерации и транспортировки электроэнергии создают определенные риски для развития экономики Арктической зоны РФ [1].

По прогнозам экспертов, к 2035 г. Россия будет добывать на Арктическом шельфе до 30 млн. т нефти и 130 млрд. куб. м газа в год, а суммарная потребность в электроэнергии, достигает значительной величины – 3,4 Гвт [2].

В результате исследований ученые пришли к выводу, что наиболее перспективным вариантом будет проектировка и использование атомных станций малых мощностей (с среднестатистической мощностью, не превышающей 300 МВт).

Главное требование к энергетическим установкам (ЭУ) в условиях Арктического шельфа – повышенная надежность и минимальное воздействие на окружающую среду.

Проекты АСММ, разработанные, в том числе, и в постфукусимское время, включают новейшие требования по безопасности. Конструкция их энергоблоков, как правило, предусматривает применение пассивных систем безопасности, например, значительно более низкую температуру теплоносителя, что повышает безопасность объекта. Модульный принцип создания позволяет сократить сроки сооружения АСММ и обеспечить необходимое наращивание установленной мощности вслед за ростом потребности в генерации. Массогабаритные характеристики энергоблоков позволяют осуществлять их транспортировку на базе существующих транспортных средств. Исходя из всего вышесказанного, основными чертами, отличающими АСММ от других современных разработок являются: модульно-блочное исполнение, максимальная автономность и высокий уровень безопасности [2,3].

Вообще в разработке ядерных энергоисточников малой мощности Россия имеет очевидный приоритет, связанный с опытом создания реакторных установок (РУ) для военного и гражданского атомных флотов (технология атомного судостроения позволяет организовать серийное производство энергоблоков на основе использования унифицированного оборудования, агрегатов и компонентов), а также с разработкой

новых ядерных технологий, в частности реакторов на промежуточных нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем [3].

АСММ для арктических месторождений.

Для обеспечения энергопотребностей арктических месторождений «Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники» предлагает целый ряд разработок: от транспортабельной малой станции «Витязь» с водоохлаждаемым реактором электрической мощностью до 1 МВт; до линейки корпусных кипящих аппаратов для станций электрической мощностью 45 МВт, 100 МВт и 300 МВт в одноблочном исполнении, которые включены в «Концепцию стратегии «Росатома».

Для проектов локальных энергоисточников на базе реакторов с использованием референтной водо-водяной технологии потребуется 5-6 лет с момента начала финансирования, а перспективные проекты с превосходящими потребительскими характеристиками на базе инновационных решений или требующие проведения дополнительных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ могут потребовать 8–10 лет до ввода в эксплуатацию [3].

Одним из наиболее перспективных проектов является АСММ «УниTERM», которая отвечает современным требованиям по безопасности, надежности, экологической чистоте, условиям нераспространения ядерно-оружейных материалов, соответствует требованиям к перспективным атомным станциям IV поколения. Серийно изготовленная и испытанная в заводских условиях модульная установка, привезенная на место эксплуатации, в течение 20 лет может работать без перегрузки активной зоны. По окончании этого срока она вывозится на завод для перегрузки или утилизации и заменяется новым модулем со свежим топливом. Данная атомная станция может размещаться на поверхности земли, на барже, в подземных вертикальных шахтах, где будет автономно функционировать без обслуживания в течение года.

Большой интерес представляют реакторы на промежуточных нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем. Эта технология разрабатывалась СССР и США в 50-70х годах прошлого столетия, такими реакторами были оснащены советские подводные лодки проекта 705 «Лира», спроектированные в первой половине 1970-х годов. В общей сложности с 1977-го по 1981 года ВМФ СССР получил шесть таких кораблей (в частности, субмарину К-27). Подлодки были оснащены ядерными реакторами с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем мощностью 155 мегаватт. Позднее наработки по этому реактору были использованы при создании многоцелевого реактора СВБР-100 [4,5].

Разработки 20 века нашли применение в работе опытно-конструкторского бюро «Гидропресс», которое с 2017 года занимается разработкой новых ядерных реакторов с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем для российских военных. Не исключено, что разработка данного типа реакторов ведется в рамках более масштабного проекта «Статус-6», предполагающего создание автономных обитаемых подводных аппаратов «Посейдон» с ядерной энергетической установкой. Такие аппараты будут вооружены ядерными боевыми блоками мощностью до двух мегатонн. Принять их на вооружение планируется до 2027 года; разработку и закупку новых роботов включили в государственную программу вооружений на ближайшее десятилетие.

Ядерные реакторы с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем уже использовались на флоте. В частности, ими были оснащены атомные подводные лодки проекта 705 «Лира», спроектированные в первой половине 1970-х годов. В общей сложности с 1977-го по 1981 года ВМФ СССР получил шесть таких кораблей, которые вывели из состава флота в 1990 году. Подлодки были оснащены ядерными реакторами с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем ОК-550 мощностью 155 мегаватт. Позднее наработки по этому реактору были использованы при создании многоцелевого реактора СВБР-100 [5].

Еще одна интересная разработка российских инженеров – атомная турбогенераторная установка (АТГУ) «Шельф», предлагающаяся для энергоснабжения технических средств, работающих на нефтегазовых месторождениях, в том числе удаленных на значительное расстояние от берега. Данная установка позволяет размещать ее на месторождениях во всех видах и вариантах. Американцы ведут работы над размещением АЭУ внизу на добывающих платформах. «Шельф-10» также допускает размещение как на дне около платформы, так и подвешивание под саму платформу.

Проект АСММ «Шельф» в варианте размещения на берегу включен в тройку основных сценариев по тематике ИНПРО (инновационных ядерных реакторов и топливных циклов) очередного заседания МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии), вместе с французским проектом Flexblue в подводном исполнении и плавучими станциями, оснащенными РУ КЛТ-40С (вода-водяной ядерный реактор).

К слову, плавучие станции вообще являются достаточно перспективным проектом, над которым уже долгое время трудятся российские ученые. Еще в 1950-х годах появились проекты передвижных атомных станций на колесах, на гусеницах и на плаву. Но только в апеле этого года плавучий энергетический блок (ПЭБ) "Академик Ломоносов" покинул территорию "Балтийского завода" в Санкт-Петербурге, где с 2007 года велось его сооружение, и направился к месту своего базирования — на Чукотку. 24 июля 2018 года началась загрузка ядерного топлива, 2 октября 2018 года была завершена. 2 ноября 2018 года «Росэнергоатом» начал процедуру физического пуска реактора. По окончании испытаний энергоблок будет отбуксирован к месту постоянного базирования – порт Певек на Чукотке. В сентябре 2019 г. «Росэнергоатом» планирует приступить к установке энергоблока на штатное место, а осенью того же года – начать испытания ПЭБ в составе ПАТЭС и ввести её в эксплуатацию. Хотя Россия не стала первой страной, запустившей первую плавучую ядерную электростанцию (ей считается МН-1А «Стерджес», запущенная в Панамском канале в 1967 г. и списанная в 2014 году), но на данный момент только наша страна имеет такую разработку[6].

Сейчас в России создается пилотная атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) на основе плавучего атомного энергоблока «Академик Ломоносов». Данный проект учитывает весь опыт, полученный при создании ПАТЭС «Академик Ломоносов», но включает ряд новаций. В частности, планируется, что на блоке будут установлены две самые современные и компактные на текущий момент судовые реакторные установки РИТМ-200М, суммарной электрической мощностью 100 МВт.

На данный момент другие страны арктического региона не располагают таким широким выбором разработок и технологий по освоению Арктики, и Россия однозначно лидирует в данном аспекте [7]. А то, что большинство этих разработок ядерные, доказывает стремление России оставаться передовой страной арктической зоны в области экологии, науки и техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогачев И.В. Российско-Норвежское взаимодействие в Арктике // Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию: материалы I международной молодежной научно-практической конференции. 2018. С. 119-123.
2. Автономные атомные источники для энергообеспечения арктических месторождений [Электронный ресурс].-режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/SMI/2017/12/12/81650> (дата обращения: 18.05.2019)

3. АО «НИКИЭТ» представило свои разработки на II Международной конференции «АРКТИКА-2017». [Электронный ресурс].-режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/news/2017/02/21/72942> (дата обращения: 18.05.2019). –Загл. с экрана.
4. Мазуренко В.Н. /Атомная субмарина К-27. Жидкий металл. М, 2004. С 4-5.
5. Разработка реактора с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем для военных [Электронный ресурс].-режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/news/2018/05/18/85916> (дата обращения: 18.05.2019)
6. Города Росатома [Электронный ресурс].-режим доступа: URL <http://gorodarosatoma.ru/pates>, свободный (дата обращения: 19.05.2019)
7. Лукин Ю.Ф. Великий передел Арктики. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010, с. 233.

### **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОМЕРЗАНИЯ И ОТТАИВАНИЯ ГРУНТОВ НА РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ**

*К.В. Сливец<sup>1</sup>, М.В. Парамонов<sup>2</sup>, М.С. Крюкова<sup>1</sup>, П.А. Кравченко<sup>1</sup>, М.Д. Василенко<sup>1</sup>, И.Н. Кириченко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», г. Санкт-Петербург, [markes404205@gmail.com](mailto:markes404205@gmail.com)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург

Настоящая статье приведены результаты исследований, выполненных в рамках гранда на научно-исследовательскую работу «Влияние ненормативной эксплуатации здания на развитие дефектов в условиях сезонного промерзания грунтов основания». В статье разобрана причинно-следственная связь между развитием распространенных дефектов зданий сельской местности и длительной эксплуатацией зданий в условиях неполной реализации проектных решений, несоблюдения режимов эксплуатации зданий. Кроме того, в статье приведен анализ технических решений зданий, позволяющих отнести здания к условной группе типовых зданий.

В статье рассмотрены здания постройки 1960-80 годов, распространенные в сельской местности, встречающиеся во многих регионах Российской Федерации (Рис. 1). Несмотря на то, что рассмотренные здания выполнены по различным сериям, типовым и нетиповым проектам, по реализованным при их строительстве техническим решениям были сформированы общие признаки группы типовых зданий, в отношении которых высока вероятность развития описанных ниже дефектов. Признаки, по которым здания относятся к рассматриваемой группе, в основном обусловлены реализованными и не реализованными объемно-планировочными и инженерно-техническими решениями:

- здание 2-5 этажей;
- имеется подвал, заглубленный на 1,5-2,0 м;
- система внутреннего водосбора, со сбросом воды через отверстие цокольных панелей;
- широкие вентиляционные окна подвалов в уровне грунта;
- наличие отмостки;
- отсутствие или разрушение гидроизоляции.



Поселок Красный Маяк



Поселок Красный Маяк



Поселок Новый Свет



Деревня Жельцы

Рис. 1 – Примеры зданий постройки 1960-80 годов, распространенные в сельской местности, встречающиеся во многих регионах РФ

Спустя половину века у ряда зданий стали проявляться серьезные (как в последствии выяснилось типовые) дефекты. В статье показаны лишь несколько примеров, в реальности это проблема большей части подобных зданий, расположенных, как правило, в сельской местности. Развитие столь серьезных дефектов, в дальнейшем может привести к аварийным ситуациям.

Проблемы, возникающие при эксплуатации зданий, были выявлены в ходе работ по обследованию оснований и фундаментов. Сделанные предположения в последствии подтвердились при осмотрах других зданий, подходящих под сформированные выше признаки группы типовых зданий. Процесс развития дефектов выделенной группы зданий растянут во времени (от нескольких лет до десятилетий) и протекает следующим образом.

1. В процессе длительной эксплуатации конструкции отмостки зданий получают повреждения. При этом своевременные ремонтные работы не выполняются (Рис. 2). Дефекты отмостки развиваются, что приводит к ее частичному или полному разрушению.



Рис. 2 – Разрушение отмостки здания

2. В результате разрушения отмостки существенно увеличивается приток воды в околофундаментную зону, а в период оттаивания сезонно промерзающих слоев грунта основания происходит движение воды в помещение подвала. А в период оттепелей (что в последние годы особенно часто наблюдалось для Санкт-Петербурга и Ленинградской области) к фронту промерзания. Так же негативно сказывается организованный сброс воды с кровли на поврежденную или разрушенную отмостку. В период выпадения обильных осадков и снеготаяния в следствии повреждений отмостки и отсутствии гидроизоляции, начинают проявляться участки протечек (через дефекты швов, микротрещин и т.п.), появляется суффозия. Со временем интенсивность протечек увеличивается. Также при повышении уровня грунтовых вод, суффозия становится более интенсивной.

3. В результате вымывания грунта из околофундаментной зоны в помещения подвала происходят просадки уже поврежденной или частично разрушенной отмостки, образуются ее дополнительные повреждения, возникает обратный уклон отмостки с образованием трещин в зоне примыкания отмостки к фундаменту, что еще более усугубляет ситуацию.

4. Грунт в процессе суффозии вымывается из околофундаментного пространства, в т.ч. из-под подошвы фундаментов. Ситуация нивелируется жесткостью и большими геометрическими размерами надфундаментных несущих конструкций. Однако увеличение напряжений в конструкциях при невозможности их свободной деформации приводит к развитию повреждений в виде трещин цокольных панелей, усугубляющихся постоянным увлажнением в период околонулевых температур.

Как было отмечено при проведении обследований и осмотров зданий данная ситуация наблюдается в различных инженерно-геологических условиях. Нельзя сказать однозначно, что в пучинистых грунтах (супесь, суглинок или глина) подобного рода дефекты развиваются чаще или более интенсивно. В качестве примера рассмотрено здание, расположенное в Лужском районе Ленинградской области. Выдержка из карты дефектов представлена на рисунке 3, составленного при обследовании фундаментов здания, отражающая образование трещин стен подвального помещения.

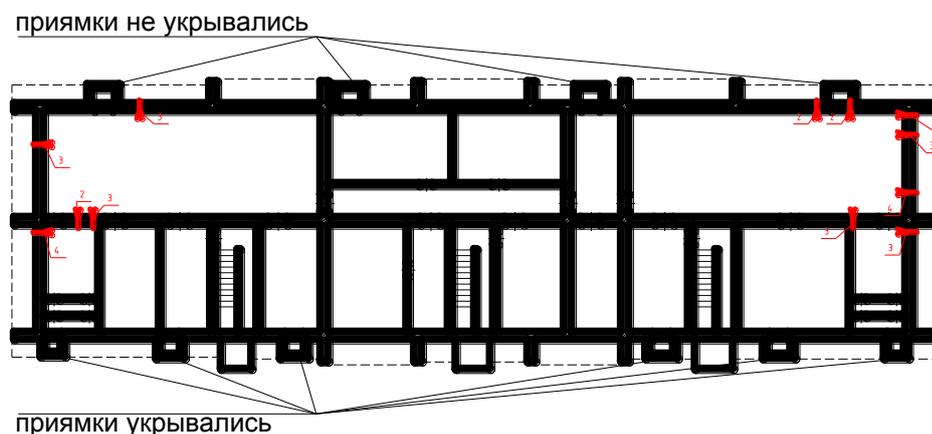


Рис. 3 – Карта дефектов

Немаловажно отметить выявленные в процессе обследования свидетельства, указывающие на то, что, несмотря на, не реализованные решения по монтажу вентиляционных шахт на прямки, вентиляционные прямки с одной стороны здания в процессе эксплуатации здания были постоянно закрыты, а с другой стороны здания по причине частичного разрушения. Очевидно, что дефекты образуются преимущественно со стороны постоянно открытых и частично разрушенных прямков.

В процессе анализа собранных при обследованиях и осмотрах сведений была сформирована гипотеза: «При постоянно открытых прямках в зимний период грунты

основания промораживаются не только в околофундаментной зоне, но и под подошвой фундамента. Под действием сил морозного пучения идет воздействие на фундамент здания и стены подвала, что приводит к развитию дефектов конструкций».

Для проверки гипотезы была составлена расчетная схема промерзающего грунта в программном модуле «Термограунд» (Рис. 4), являющаяся составной частью программного комплекса FEM-Models. Была решена тестовая задача, где грунтовое основание задавалось одним слоем с характеристиками соответствующими изысканиям по одному из объектов. Результаты решения температурной задачи представлены на рисунке 5. Голубым цветом показана зона мерзлого грунта. Следует отметить, что задача решалась для уже выявлено аварийной ситуации.

Решение задачи проводилось за годичный цикл. Результаты решения температурной задачи представлены на рисунке 5. Для большей наглядности на рисунке 6 показана голубым цветом зона мерзлого грунта за годичный цикл воздействия отрицательных температур.

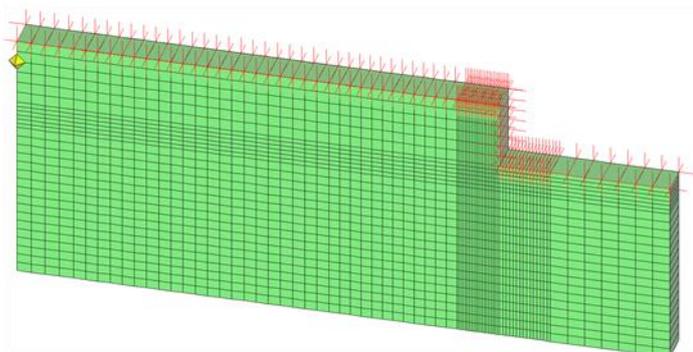


Рис. 4 – Расчетная схема грунта

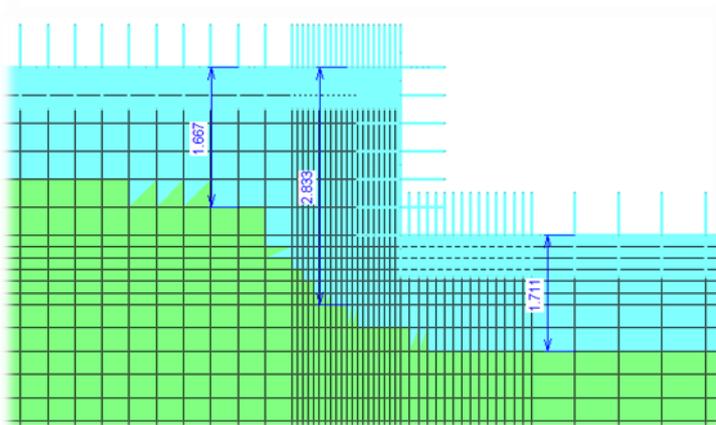


Рис. 5 – Зона мерзлого грунта при решении тестовой задачи

Глубина промерзания за пределами сооружения составила 1,4 м, что соответствует нормативной глубине промерзания для данного района. Однако, при наличии неотапливаемого подвала возникают дополнительные фронты промерзания. В связи с неоднородным воздействием отрицательных температур максимальная глубина промерзания рядом со зданием составила 2,8 м.

В программном модуле «Термограунд» деформационная задача формируется наложение температурных полей на термо-упругую модель поведения грунта. Деформационная модель собрана с учетом конструкций нулевого цикла. По результатам решения задачи представлены изолинии вертикальных перемещений массива грунта (Рис. 6).

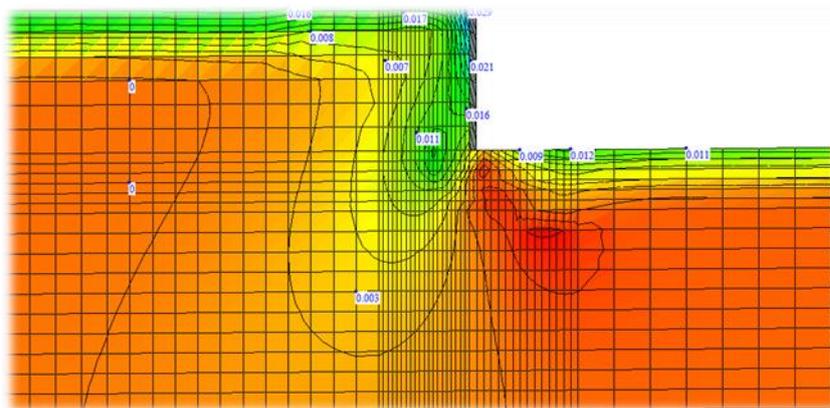


Рис. 6 – Изолинии и значения деформаций грунта, м

По результатам расчета деформационной задачи, максимальная деформация пучения под подошвой фундамента составила порядка 3 см. На рисунке 7 наблюдается перекося подземной конструкции более 4 см, что очевидно приводит к дефектам эксплуатационных зданий.

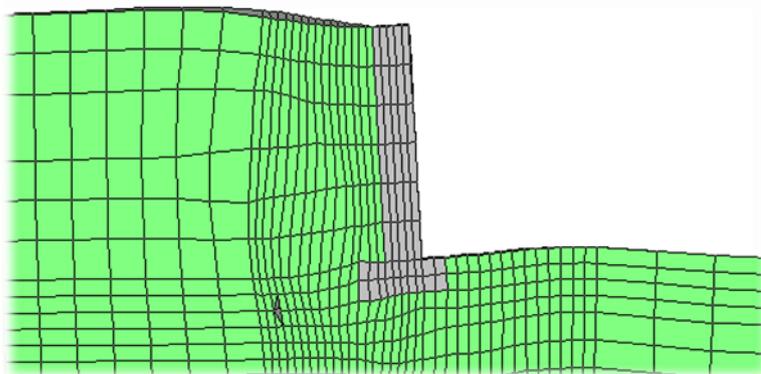


Рис. 7 – Деформированная схема взаимодействия грунта и конструкций подвала при морозном пучении

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев С.А. Геотехническое моделирование процесса промерзания и оттаивания морозоопасных грунтов. СПб., М.: АСВ, 2004. 37 с.
2. Игошин М.Е., Парамонов М.В., Воронцов В.В. Моделирование температурного режима основания эксплуатируемой автомобильной дороги с учетом конструктивного решения по стабилизации границы многолетнемерзлых грунтов // Геотехника. Санкт-Петербург, 2016. №3. С. 34–41.
3. Улицкий В.М., Сахаров И.И., Парамонов В.Н., Кудрявцев С.А. Расчет системы «основание-сооружение» при промерзании и оттаивании грунтов с помощью программы «Termoground» // «ОФМГ». 2015. № 5. С. 2–7.
4. Парамонов В.Н., Сахаров И.И., Парамонов М.В. Опыт совместного расчета здания с испытывающим промерзание основанием // Жилищное строительство. 2011. № 2. С. 10–14.
5. Парамонов В.Н., Сахаров И.И., Парамонов М.В. Процессы промерзания и оттаивания при устройстве подземных и заглубленных сооружений // Жилищное строительство. 2012. № 9. С. 21–23.
6. Kudryavtsev S.A, Sakharov I.I., Paramonov V.N. Numerical forecast of freezing, heave and thawing of soils under footings in three-dimensional mode // Proceeding of the 5th International Symposium on Permafrost Engineering. Yakutsk: Permafrost Institute Press, 2002. V. 1. P. 198–202.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА КЫЗЫЛА

*Л.Д. Терехов<sup>1</sup>, Ш.Б. Майны<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург, levter4@rambler.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, shonchikspb@mail.ru

Территория Восточной Сибири характеризуется резко континентальным климатом. Это проявляется в исключительно больших сезонных различиях температуры воздуха, малой облачности и наибольшей глубиной сезонного промерзания грунтов (до 4 м). Зимой погода в Восточной Сибири формируется под влиянием обширной области повышенного давления – Азиатского антициклона. К этим территориям относится и Республика Тыва. Столицей Республики Тыва является город Кызыл, с населением около 120 тыс. человек.

Основные климатические показатели города приведены в таблице 1 [1, 2]. Канализационные очистные сооружения города Кызыла введены в эксплуатацию в 1987 году с проектной мощностью 16,0 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

В настоящее время очистные сооружения перегружены, фактический приток сточных вод составляет 20-25 тыс.м<sup>3</sup>/сут. В результате чего очистные сооружения работают с перегрузкой более 25%. За 30 лет на объекте не проводилось капитального ремонта, износ канализационного хозяйства составляет около 80%, а оборудование считается морально устаревшим. В перспективе производительность сооружений должна возрасти до 45-50 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

Очистные сооружения представляют собой стандартные сооружения биологической очистки с приёмной камерой, решетками, главной насосной станцией, песколовками, первичными отстойниками, аэротенками [3].

Правительство Республики Тыва осуществляло неоднократные попытки в проведении работ по строительству и реконструкции канализационных очистных сооружений. Для этого проводилась корректировка проектной документации по существующим сооружениям, автором которого был ОАО НПЦ «Росводоканал» (г.Новосибирск). Проектом на строительство новых дополнительных сооружений предусматривалась биологическая очистка [4] с пропускной способностью на 24 тыс.м<sup>3</sup>/сут. Сложность проекта вызвана глубоким сезонным промерзанием грунтов и в этой связи необходимостью использования специальных технологий [5,6].

В настоящее время актуальность строительства или реконструкции очистных сооружений увеличилась, в связи с активным ростом строительства жилья и социальных объектов города Кызыла.

ООО «Водоканал» города Кызыл планирует модернизацию и реконструкцию существующих канализационных очистных сооружений с целью повышения эффективности очистки сточных вод и внедрение энергосберегающих технологий [7].

При проведении реконструкции необходима остановка работы очистных сооружений. Сброс неочищенных сточных вод недопустим, т.к. река Енисей относится к рекам рыбохозяйственного значения высшей категории и требует повышенных норм очистки.

Принята следующая стратегия реконструкции и увеличения производительности очистных сооружений г. Кызыла. Старые сооружения работают по обычной схеме. Рядом с ними строятся новые сооружения на производительность 24 тыс.м<sup>3</sup>/сут. по технологии ОАО НПЦ «Росводоканал». После завершения их строительства производится переключение: все городские сточные воды поступают для очистки на

новые сооружения; старые сооружения выключаются из эксплуатации для проведения работ по реконструкции и восстановлению.

После завершения строительных работ на старых сооружениях они включаются в процесс очистки городских сточных вод. Общая производительность суммарного блока городских очистных сооружений составит планируемые на перспективу 45-50 тыс.м<sup>3</sup>/сут. Применение новых современных технологий позволит обеспечить требуемую степень очистки.

Таблица 1 – Основные климатические показатели г. Кызыла

№ п/п	Показатель	Месяцы												Средние значения	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За лето	За зиму
1	$t_b, ^\circ\text{C}$	-32,1	-28,0	-15,2	2,2	11,4	17,9	19,8	17,0	10,0	0,0	-5,6	-28,4	13,05	-18,2
2	$h_c, \text{м}$	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1		0,16
3	$V_b, \text{м/с}$	4,1	4,1	3,8	4,2	3,9	3,5	3,3	3,5	3,8	4,1	4,3	4,2	3,7	4,1
4	$n, \text{дол. ед}$	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6		
5	$e, \text{гПа}$	0,8	1,0	1,8	3,2	5,2	10,6	14,8	13,1	7,6	3,9	1,8	1,1	9,08	1,73
6	$e_0, \text{гПа}$	0,4	0,4	1,6	7,1	14,0	19,0	23,0	19,0	12,0	6,1	1,6	0,4		
7	$J, \text{Вт/м}^2$	75,0	75,0	75,0	100,0	100,0	75,0	85,0	85,0	90,0	100,0	75,0	75,0		
8	$(Q+q)_0, \text{Вт/м}^2$	65,0	112,0	179,0	255,0	312,0	334,0	319,0	272,0	204,0	134,0	78,0	55,0		
9	$R, \text{Вт/м}^2$	-44,0	-35,0	-21,0	-16,0	-9,0	9,6	0,8	-8,5	-23,0	-42,0	-41,0	-45,0		
10	$E, \text{Вт/м}^2$	0	0	0	34,0	72,0	63,0	59,0	44,0	35,0	18,0	0	0		
11	$\xi, \text{м}$	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2		

где  $t_b$  – среднемесячная температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $h_c$  – средняя за зиму толщина снежного покрова, м;  
 $V_b$  – средняя скорость ветра, м/с;  
 $n$  – наблюдаемая облачность в долях единицы;  
 $e$  – абсолютная влажность воздуха, гПа;  $e_0$  – максимальная упругость водяных паров, гПа  
 $J$  – эффективное излучение при безоблачном небе, Вт/м<sup>2</sup>  
 $(Q+q)_0$  – суммарная солнечная радиация на уровне моря, Вт/м<sup>2</sup>  
 $R$  – среднемесячное значение радиационного баланса, Вт/м<sup>2</sup>  
 $E$  – среднемесячное значение затраты тепла на испарение с поверхности, Вт/м<sup>2</sup>  
 $\xi$  – глубина сезонного промерзания грунта, м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*.
2. Майны Ш.Б. Температурный режим сезоннопромерзающих грунтов (на примере г. Кызыла) // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 50-51.
3. Воловник Г.И., Терехов Л.Д., Коробко М.И. Общие вопросы технической эксплуатации коммунальных систем водоснабжения и водоотведения // учебное пособие для студентов направления 653500 (270100) «Строительство» по специальности 290800 (270112) «Водоснабжение и водоотведение» вузов региона. Хабаровск: Изд-во ГОУ ВПО ДВГУПС, 2005. 84 с.
4. Терехов Л.Д., Бирзуль А.Н. Основные подходы к определению активации воды // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 2. С. 182-186.
5. Майны Ш.Б., Терехов Л.Д., Заборщикова Н.П. Методика определения минимальной глубины заложения начального участка канализационных трубопроводов в суровых климатических условиях // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3 (56). С. 116-122.

6. Продоус О.А., Терехов Л.Д. Гидравлические характеристики раструбных труб из ВЧШГ с полиуретановым покрытием внутренней поверхности. Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 5. С. 53-57.
7. Майны Ш.Б., Терехов Л.Д. Анализ информации о предприятиях, курируемых Министерством строительства и ЖКХ Республики Тыва / Водные ресурсы - основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 346-349.

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА И  
ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

---

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРУБОК ВЗРЫВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ ПО ДАННЫМ ПАССИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

К.Б. Данилов, Н.Ю. Афонин

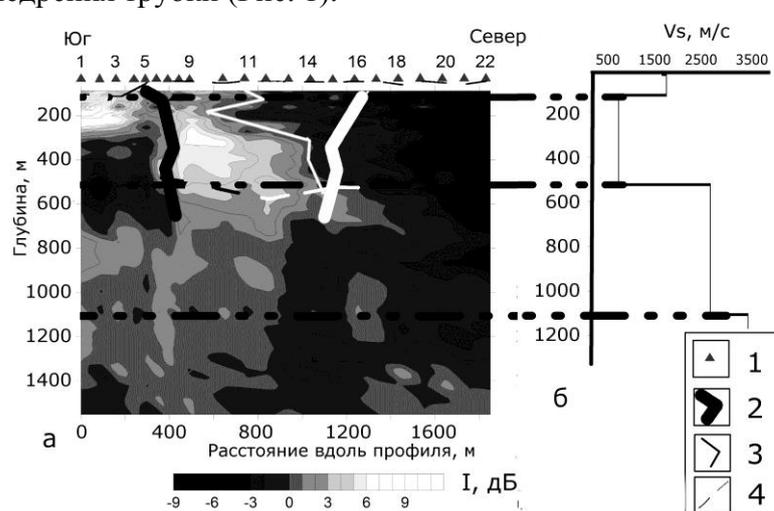
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, danilov\_kostea@mail.ru

По объемам разведанных запасов, Архангельская алмазоносная провинция (ААП) является второй в России. В связи с этим, важной задачей становится совершенствование методов поиска трубок взрыва.

Трубки взрыва Архангельской алмазоносной провинции перекрыты мощным осадочным слоем, имеют сложное внутреннее строение, слабую контрастность со вмещающей средой и приурочены к пересечению разломных нарушений [1, 2]. Таким образом, трубки взрыва и вмещающие породы образуют сложную геологическую среду, поэтому их поиск и разведка затруднительны. В данной работе представлены результаты обследования ряда трубок взрыва Архангельской алмазоносной провинции пассивными сейсмическими методами.

Ранее было показано, что метод микросейсмического зондирования [3] позволяет выделять трубочные тела и разломные нарушения ААП на глубинах от 70 м до 1 км [4]. Однако для определения глубин возникла необходимость привлекать дополнительные данные о дисперсионных характеристиках среды. Последнее ощутимо сказывалось на результатах, так как в сложных геологических условиях локальные свойства среды могут существенно отличаться от усредненных параметров для региона. Для повышения эффективности поисковых и разведочных работ было опробовано сочетание методов пассивной сейсмической интерферометрии [6], метода  $H/V$  [7], и метода микросейсмического зондирования [3].

Апробация комплекса методов на трубке «Пионерская» не позволила выделить первую фазу внедрения трубки (Рис. 1).



1 – пункты замеров микросейсм, 2 – борта трубки взрыва [5], 3 – граница разделения различных фаз внедрения [5], 4 – границы, выделенные методом  $H/V$

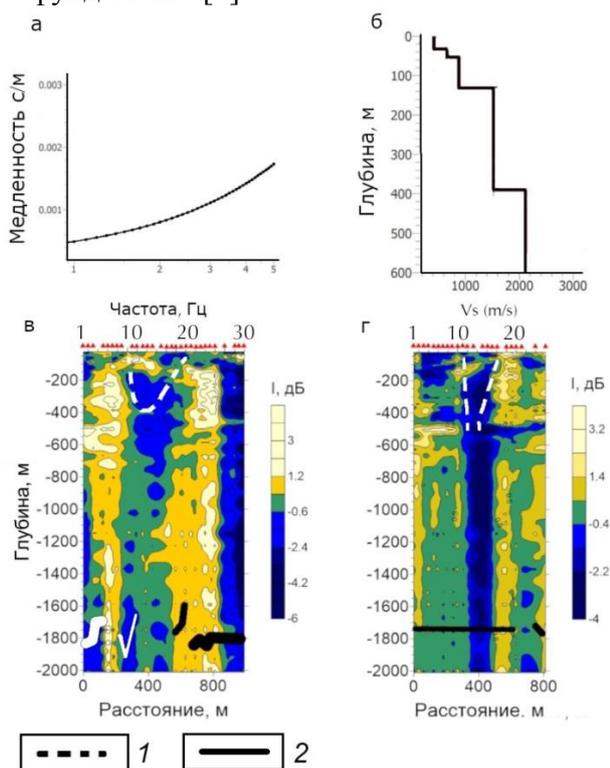
а – разрез, полученный методом микросейсмического зондирования; б – скоростная модель среды, полученная с помощью метода пассивной сейсмической интерферометрии

Рис. 1 – Результаты применения комплекса пассивных сейсмических методов на трубке «Пионерская» ААП

Также остался открытым вопрос о применимости пассивной сейсмической интерферометрии при отсутствии явно выраженных источников микросейсмических колебаний без долговременных накоплений сигнала. При этом проведенные исследования позволили уверенно выделить вторую фазу внедрения трубки взрыва, отдельные блоки в земной коре и различные границы, что показало его потенциальную применимость.

С целью устранения выявленных недостатков, авторами было предложено усовершенствовать методику полевых замеров. Для метода пассивной сейсмической интерферометрии суточные замеры производились на сети станций распределенных по исследуемой территории. При этом за истинное значение времени пробега волны принималось наибольшее. Для повышения чувствительности ММЗ было увеличено время накопления сигнала в каждом пункте до 3 ч.

По результатам эксперимента, проведенного на трубке взрыва «Верхнетовская», было выделено высокоскоростное трубчатое тело, которое по горизонтали уверенно согласовалось с данными бурения. По глубине полученное изображение среды в два раза превышало данные бурения. Причинами данной погрешности, скорее всего, является малое количество станций при реализации метода пассивной сейсмической интерферометрии. Кроме того, уверенно проявились разломные нарушения и консолидированная среда. По данным метода Н/В уверенно выделилась граница на глубине 1800 м. С учетом двукратной ошибки в определении дисперсионной зависимости данная граница расположена на глубине примерно 1 км, что соответствует глубине кристаллического фундамента [8].



1 – границы трубки взрыва известные по бурению; 2 – глубинная граница, выделенная по данным метода Н/В

а – дисперсионная кривая; б – скоростная модель; в, г – разрезы, полученные методом микросейсмического зондирования с обозначением границ, полученных методом Н/В и контурами исследуемой трубки по данным бурения

Рис. 2 – Результаты применения комплекса пассивных сейсмических методов на трубке «Верхнетовская» ААП

Участки несогласованного положения границы выделенной по методу Н/У согласуется с разломными нарушениями, выделенным по данным ММЗ (Рис. 2). Следует отметить, что по полученным данным слабоалмазоносная трубка «Верхнетовская» находится в разломной зоне. Аналогичное положение имеют слабоалмазоносные трубки С10 [4] и Чидвинская [9]. В отличие от них алмазоносные трубки Ломоносова [10] и Пионерская [5] примыкают к разломным нарушениям лишь частично. Но во всех случаях тело трубки взрыва было более высокоскоростное чем разломные зоны и менее скоростной относительно консолидированных участков вмещающей среды. Таким образом, положение трубки взрыва на окраине разломной зоны является косвенным признаком алмазоносности трубки.

Предложенный комплекс методов позволяет повысить достоверность и информативность проводимых работ по изучению трубок взрыва Архангельской алмазоносной провинции. Главным преимуществом предложенного комплекса методов является его относительная независимость от априорной информации, что позволяет проводить подобные исследования на слабоизученных территориях. Следует отметить, что в предложенном комплексе необходимо повышать точность определения дисперсионной кривой и чувствительности ММЗ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милашев В.А. Трубки взрыва. Л.: Недра, 1984. 268 с.
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ИПП «Правда Севера», 2004. 281 с.
3. Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование микросейсм с помощью микросейсм // Физика Земли. 2008. № 7. С. 66-84.
4. Французова В.И., Данилов К.Б. Отражение фоновыми микросейсмами кимберлитовых трубок С10 и Чидвинская в структуре вмещающих пород Ненокского и Чидвинско-Ижмозерского полей Архангельской алмазоносной провинции // Вулканология и сейсмология. 2018, No. 5, с. 43–52.
5. Данилов К.Б. Афонин Н.Ю. Кошкин А.И. Строение трубки «Пионерская» Архангельской алмазоносной провинции по данным комплекса пассивных сейсмических методов // "Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле» 2017. № 2. Вып. 34. С. 231-237.
6. Wapenaar K., Draganov D. Tutorial on seismic interferometry // Journal of Geophys. 2010. V. 75. № 5. P. 75A195–75A209.
7. Nakamura Y.A. method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface // Quarterly Report of Railway Technical Research Institute. 1989. V.30. №1.P. 25-33.11.
8. Балувев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий. Москва, ГЕОС, 2012, 104 с.
9. Киселев Г.П., Данилов К.Б., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Радиометрические и сейсмометрические исследования кимберлитовой трубки Чидвинская (Архангельская алмазоносная провинция) // Вестник КРАУНЦ: Науки о Земле 2016. Выпуск. 30, № 2. С. 43-53.
10. Французова В.И., Данилов К.Б. Структура трубки взрыва им. М.В. Ломоносова Архангельской Алмазоносной Провинции // Вулканология и сейсмология. 2016. № 5. С.71-78.

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ПЛОЩАДЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА НЕФТЬ И АЛМАЗЫ ПРИ ЦИФРОВОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РЕЛЬЕФА

Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, А.Л. Минеев, Е.В. Полякова

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, kutinov@fciactic.ru

Статистический анализ азимутального распределения признаков разломов в физических полях и в природной обстановке показал, что одни и те же направления имеют максимальное представительство и на космофотоснимках, и в геоморфологических материалах, отражающих современные напряжения в земной коре, и в потенциальных полях, фиксирующих, в основном, строение докембрийского фундамента региона [1]. Этот факт говорит об определенной «консервативности» разрывных дислокаций и о длительной истории их развития, что, несомненно, нашло свое отражение в строении осадочного чехла, и было подчеркнуто экзогенными процессами. Это обеспечило проявление практически всех тектонических систем на дневной поверхности.

Ранее авторами было проведено сопоставление подготовленной цифровой модели рельефа (ЦМР) современной территории Архангельской области, схемы неотектонического районирования северной части Русской плиты и схемы условной вероятности встречи нефтяных и газовых месторождений по неотектоническим данным на площади Мезенской синеклизы [2], построенной на основе анализа деформаций подошвы четвертичных отложений, которое показало тождественность выделяемых структур (во всяком случае, площадное совпадение) [3].

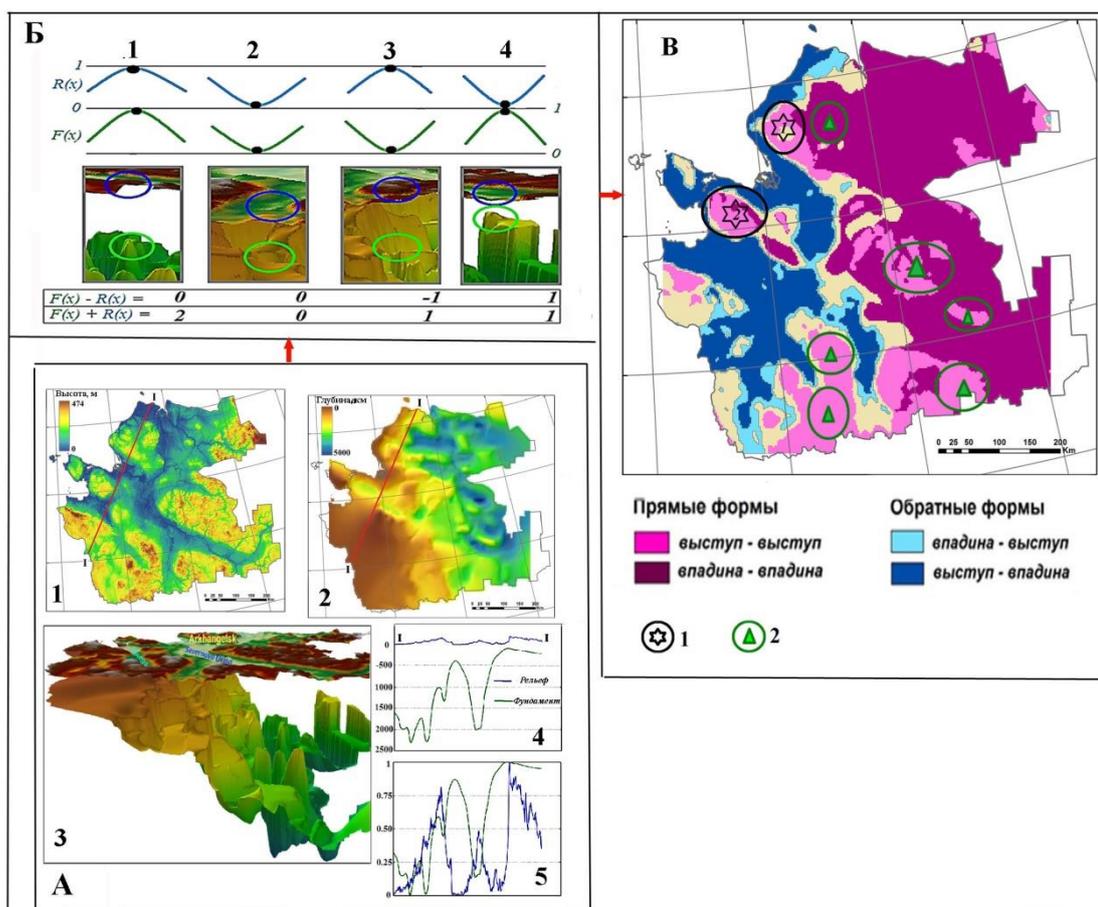
Поэтому нами было проведено сопоставление структур фундамента и характера дневной поверхности, полученного на основе построенной цифровой модели рельефа (ЦМР).

Поскольку территория области относится к территории древней платформы, где высота рельефа земной поверхности измеряется десятками и, в редких случаях, первыми сотнями метров, а глубина залегания архей-протерозойского фундамента – километрами (Рис. 1А), проведение анализа зависимости величин друг от друга графически – затруднительно и вряд ли корректно. Поэтому было проведено математическое нормирование значений высот рельефа дневной поверхности  $R(x)$  и глубин фундамента  $F(x)$  в диапазоне от 0 до 1 по следующей формуле:

$$y' = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}$$

В результате были созданы матрицы нормированных значений: глубины залегания фундамента  $MF_n$  и значений высоты рельефа поверхности  $MR_n$ . Дальнейший анализ характера отражения структур фундамента в дневном рельефе осуществлялся на основе значений матриц разности ( $M^- = MF_n - MR_n$ ) и суммы ( $M^+ = MF_n + MR_n$ ). Значения разностей и сумм нормированных значений описывают определенные формы рельефа фундамента и дневной поверхности (рис. 1, А). На первом этапе стояла задача разделить область исследования на два типа форм (обратные и прямые). Для этого нами было введено понятие абсолютной разницы нормированных значений матриц высоты земной поверхности и глубины залегания фундамента:  $M^{abs} = |MF_n - MR_n|$ . В этом случае, можно принять, что: 1) значения матрицы абсолютной разности  $M^{abs}$ , приближающиеся к 1, будут соответствовать обратным формам; 2) значения матрицы абсолютной разности  $M^{abs}$ , приближающиеся к 0, будут соответствовать прямым формам (Рис. 1Б).

На следующем этапе решалась задача выделения внутренней структуры форм (Рис. 1Б).



А – пример нормирования значений высот рельефа дневной поверхности и глубин фундамента по профилю А-А’:

1 – цифровая модель рельефа на территорию Архангельской области, 2 – цифровая модель рельефа поверхности фундамента, 3 – сопоставление моделей в 3D, 4 – график значений по профилю А-А’, 5 – график нормированных значений по профилю А-А’

Б – разность и сумма нормированных значений функций: 1, 2 – прямые (повторяющиеся) формы; 3, 4 – обратные (противоположные) формы;

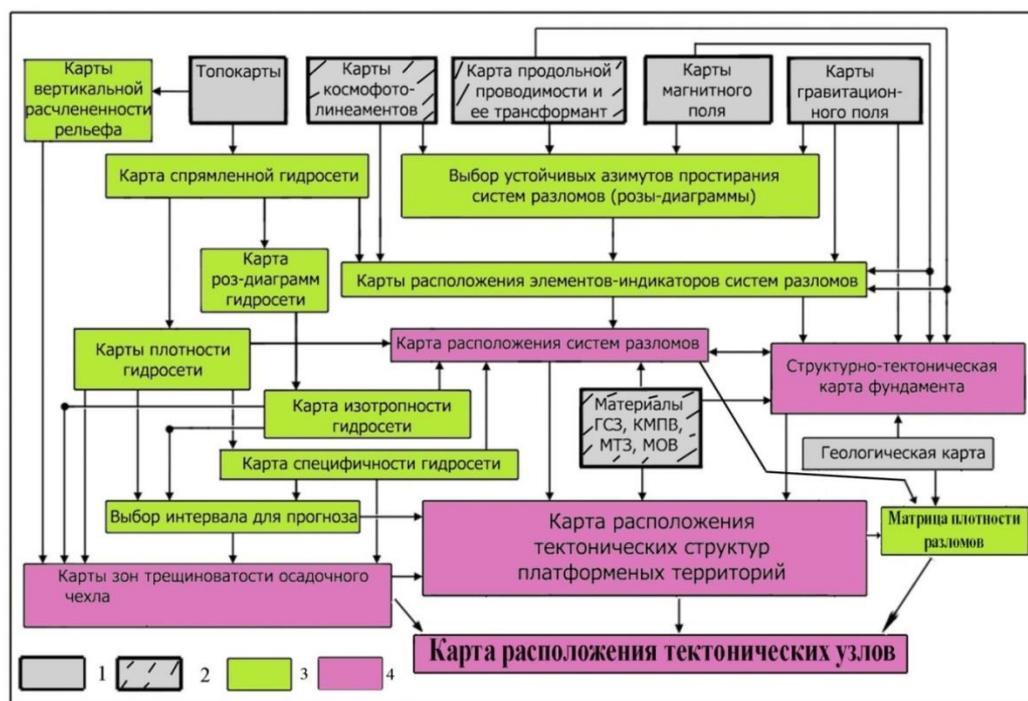
В – районирование территории Архангельской области по формам отражения структур фундамента в дневном рельефе: 1 – площади проявления щелочно-ультраосновного магматизма; 2 – площади, перспективные на обнаружение нефти и газа

Рис. 1 – Наследование структур фундамента в современном рельефе

Обратные формы были подразделены на основных два типа: 1) **впадина-выступ** – те участки, в которых одновременно с опусканием фундамента наблюдается поднятие земной поверхности, их характеризуют значения матриц разницы, близкие к -1; 2) **выступ-впадина** – участки, в которых поднятия фундамента совпадают с участками опускания современного рельефа, им соответствуют значения матриц разности, близкие к +1. Прямые формы, в свою очередь, также делятся на два типа: 1) **выступ-выступ** – те участки, в которых одновременно с поднятием фундамента наблюдается поднятие земной поверхности, их характеризуют значения матриц суммы, близкие к 2; 2) **впадина-впадина** – участки, в которых одновременно с опусканием фундамента наблюдается опускание земной поверхности, им соответствуют значения матриц суммы, близкие к 0.

Комбинируя значения матриц разницы и суммы таким способом, можно провести районирование исследуемой территории по формам отражения структур фундамента в дневном рельефе (Рис. 1В). Результаты расчетов говорят о том, что проявления кимберлитового магматизма и площадей, перспективных на поиски нефти, приурочены к прямым формам отражения структур фундамента в современном рельефе, структурно характеризующиеся как «выступ-выступ» (Рис. 1В).

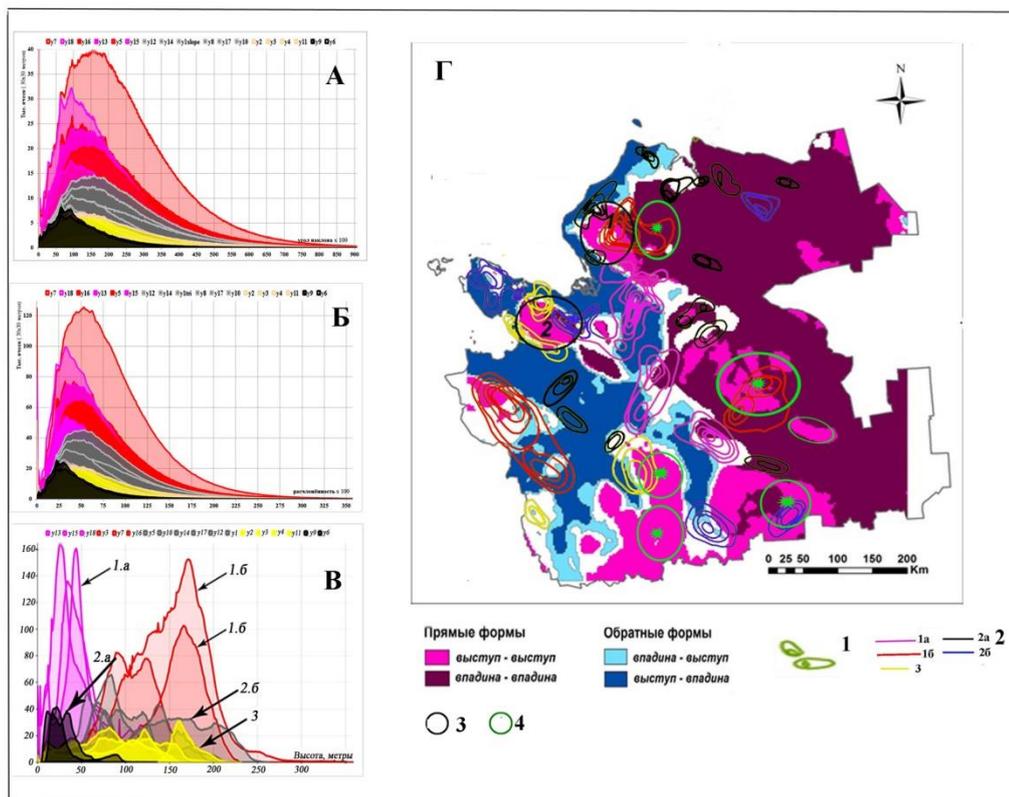
Отдельным методическим вопросом было проведение исследований структуры дневного рельефа на площади тектонических узлов 1-го порядка с помощью расчетов значений геоморфометрических параметров по созданной авторами цифровой модели рельефа [4] и их дальнейший анализ для выявления закономерностей и характера проявления, присущих дневному рельефу тектонических узлов. Для решения этой задачи были рассмотрены 18 наиболее крупных тектонических узлов [2]. Методика выделения систем разломов и узлов их пересечения достаточно детально изложена в ряде работ авторов [1, 5], и изображена на схеме (Рис. 2). В принципе, можно было бы, и ограничиться расчетом наследования структур фундамента, но в этом случае каналы миграции глубинной нефти будут рассматриваться как линейные тектонические структуры. Следует отметить, что выделенные тектонические узлы не являются аналогами аномалий повышенной плотности линеаментов, так как при их построении в полной мере использовались геолого- геофизические материалы, а не только результаты дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).



1–2 – архивные материалы: 1 – имеющиеся для всех территорий древних платформ, 2 – не всегда имеющиеся; 3–4 – карты и материалы, получаемые в процессе исследований: 3 – промежуточные, 4 – окончательные

Рис. 2 – Алгоритм выделения систем разломов и тектонических узлов [2]

С целью разделения тектонических узлов первого порядка по каждому из 18 узлов были подготовлены векторные слои с полигонами границы периферии узла, всех промежуточных пересечений и центра узла. Далее по каждому полигону с помощью модуля SAGA GIS «Clip Grid With Polygon» из цифровой модели рельефа были вырезаны цифровые модели узлов и всех пересечений внутри узла. По авторским методикам были проведены расчеты распределения высот рельефа, индекса расчлененности и углов наклона на площади тектонических узлов (Рис. 3А, Б, В).



А – характер распределения значений углов наклона на площади тектонических узлов; Б – характер распределения значений индекса расчлененности на площади тектонических узлов; В – распределение высот в тектонических узлах; Г – сопоставление форм наследования структур фундамента в современном рельефе и геоморфометрических параметров тектонических узлов с проявлениями кимберлитового магматизма и участками условной вероятности встречи нефтяных и газовых месторождений по неотектоническим данным на площади Мезенской синеклизы: 1 – контур тектонического узла; 2 – группы тектонических узлов по характеру геоморфометрических параметров; 3 – проявления кимберлитового магматизма (1 – Зимнебережный кимберлитовый район, 2 – Ненокское поле мелилититов); 4 – участки условной вероятности встречи нефтяных и газовых месторождений по неотектоническим данным

Рис. 3 – Отражение районов кимберлитового магматизма и перспективных на обнаружение нефти и газа месторождений в цифровых моделях фундамента и современного рельефа

По распределению значений высот узлы делятся на три группы (рис. 3, В). Первая группа характеризуется большой площадью узлов (до 160 тыс. ячеек, размер ячейки 30x30 м), подразделяется на две подгруппы: 1а – высоты до 150 м, 1б – высоты до 350 м; вторая группа – узлы средних размеров (средняя площадь узла до 60 тыс. ячеек), также подразделяется на две подгруппы: 2а – высоты до 100 м, 2б – высоты до 250 м; третья группа узлов – на площади до 20 тыс. ячеек показатель расчлененности изменяется от 0 до 1,75. Максимум (по площади) характеризуется показателем 0,5–0,75 и углами наклона склонов 1,5 градуса.

Распределение узлов по группам показано на рисунке 3Г. На первый взгляд, закономерности распределения групп узлов не просматривается. В то же время подгруппа 1а тяготеет к границе Онежского грабена, а подгруппа 1б – к крупным возвышенностям рельефа, испытывающим современное воздымание.

Распределение значений индекса расчлененности (Рис. 3Б) и углов наклона склонов (Рис. 3А) имеет одинаковый вид (модальный характер распределения), что говорит об однотипных процессах, в первую очередь эрозионных, на площади тектонических узлов. Однако при этом амплитуда значений по подгруппам различается (максимальные значения – у первой группы, минимальные – у подгруппы 2а). К подгруппе 1б относятся Зимнебережный кимберлитовый район и площади, перспективные на обнаружение кимберлитовых районов и полей по геохимическим данным; участки, перспективные на обнаружение нефти и газа в Мезенской синеклизе, также, в основном, относятся к подгруппе 1б.

Таким образом, на основе цифрового моделирования (по авторским методикам) проведены расчеты отражения структур кристаллического фундамента в современном рельефе (Рис. 1В), геоморфометрических параметров тектонических узлов (Рис. 3А, Б, В), и сопоставление, полученных результатов, с закономерностями пространственного распределения районов проявления щелочно-ультраосновного магматизма и площадей перспективных на обнаружение нефти и газа. Предлагаемая методика позволяет разработать дополнительные поисковые признаки проявлений кимберлитового магматизма и нефтегазовых бассейнов.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН «Изучение межгеосферных процессов в районах тектонических структур и узлов их пересечений в геологических условиях древних платформ на примере Архангельской области» (№ АААА-А18-118012390305-7) и при финансовой поддержке РФФИ-Арктика, проект № 18-05-60024.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера»», 2004. 283 с.
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В., Минеев А.Л. Цифровое моделирование рельефа для прогноза площадей, перспективных на нефть и алмазы // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 1(24). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-24.art8>
3. Рябухина С.Г., Дмитриевская Т.В., Зайцев В.А. Перспективы нефтегазоносности Мезенской синеклизы по неотектоническим данным // Геология нефти и газа. 1997. № 6. С. 16–21.
4. Минеев А.Л., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В. Подготовка цифровой модели рельефа для исследования экзогенных процессов северных территорий Российской Федерации // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2015. № 3(21). С. 278–291.
5. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Комплексная модель процессов межгеосферного взаимодействия в тектонических узлах Севера Русской плиты // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2012. Т. 1. Вып. 1. Спец. вып. Система планета Земля. Режим доступа: <http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t1v1/1109.php> (Дата обращения 12.02.2019).

## ОСВОЕНИЕ ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*А.В. Муравьев<sup>1</sup>, А.Л. Никонов<sup>2</sup>,*

<sup>1</sup>Геологический институт РАН, г. Москва, amur1909@mail.ru

<sup>2</sup>ООО «РОМАН КЭПИТАЛ», г. Москва, alnik@itebureau.com

Задача промышленного освоения труднодоступных территорий требует комплексного решения на основе рентабельного и экологически чистого производства. Основные проблемы при освоении месторождений углеводородов Крайнего Севера – это удаленность и бездорожье, суровый климат, сложный рельеф и заболоченность местности, уязвимая экология, дороговизна логистики, отсутствие инфраструктуры и местных потребителей продуктов переработки сырья (ГСМ).

Решение комплекса проблем, с которыми связано вовлечение в разработку удаленных и небольших нефтяных и газоконденсатных месторождений, необходимо искать в рамках интегрированного инженерно-технологического проекта, гармонично увязывающего все важнейшие аспекты – особенности работы пласта и оптимизацию добычи, подготовку и переработку продукции, утилизацию отходов и экологию, грузооборот и логистику, экономику и социальные эффекты.

Ключ к решению – в широком использовании систем замкнутого цикла, объединяющих технологии оптимизации добычи, подготовки сырья, модульных систем переработки с получением высококачественного арктического топлива, получения электроэнергии с помощью газовых генераторов, конверсии попутного газа в синтез-газ и контейнерных станций водоочистки [1, 2]. Задачи оптимизации добычи решаются с помощью систем мониторинга термодинамических параметров пласта и многофазной расходомерии, что позволяет повысить нефтеотдачу пласта и безопасность производства.

Производственный мини-комплекс переработки сырья включает в себя следующие компоненты технологической цепочки: система добыча углеводородов из скважин с контролем расхода и разделения нефти / воды / газовой смеси - дополнительная подготовка нефти (при необходимости) - десульфуризация (при необходимости) - производство топлива и электроэнергии (Рис. 1). Все элементы этой цепи представлены относительно компактными модульными блоками, которые могут быть доставлены на месторождение по зимнику или грузовым вертолетом, и предназначены для круглогодичной автономной работы в суровых условиях. Разработаны модификации модульных мини-заводов, работающих как на природном сырье различной вязкости – от тяжелой нефти до газоконденсата. Наиболее ценными продуктами переработки нефти является широкий спектр высококачественных ГСМ – бензина, арктического дизтоплива, масел, битумов. Попутный газ используется для поддержания главного производственного процесса - термokatалитического крекинга нефти при атмосферном давлении.

Технология переработки нефти и стабильного конденсата объединяет первичные и вторичные процессы нефтехимии в одной установке. В основе процесса лежит термо-каталитическая конверсия углеводородов с получением максимального количества качественных светлых продуктов. В каталитических модулях применены оригинальные гидродинамические устройства для обработки сырья, позволяющие продлить срок службы катализаторов и улучшить экономические показатели процесса. Производство нефтепродуктов идет в автоматическом режиме и не требует присутствия оператора. Тяжелые фракции, поступающие из блока рекуперации, нагреваются до 380 °С. Их пары подвергаются газовой каталитической конверсии (дегидрированию, депарафинизации, крекингу и облагораживанию) и затем

возвращаются в блок рекуперации. Неиспарившийся тяжелый остаток поступает в блок накопления вторичного мазута.

Газы поступают в газораспределительный блок, из которого после охлаждения, сжиженные углеводородные газы (ШФЛУ) переходят в блок производства бензина, а сухой газ направляется частично на горелку – для поддержания процесса, частично – на микротурбину для выработки электроэнергии и к другим потребителям. Основным продуктом конверсии углеводородных газов является метанол – универсальный полупродукт, имеющий большое практическое применение и служащий сырьем для производства практически всей гаммы нефтехимических продуктов. Кроме того, закачка метанола в газоконденсатный пласт, наряду сайклинг-процессом – обратной закачкой осушенного газа в пласт – относятся к наиболее эффективным методам повышения конденсатоотдачи пласта с долговременным эффектом (более 10 месяцев) [3].



Рис. 1 — Ключ к решению проблемы развития северных территорий – создание сети модульных систем производства ГСМ на малых и удаленных месторождениях

Система замкнутого цикла даёт мощный синергетический эффект и открывает возможности для развития труднодоступных территорий. Сеть таких модульных мини-заводов позволит значительно прирастить извлекаемые запасы и вовлечь в производство многочисленные мелкие и средние по запасам месторождения, разработка которых пока считается неперспективной.

Освоение новых территорий прежде всего следует начать с развития сети автодорог, соединяющих месторождения с узловыми логистическими центрами, стратегически важными и наиболее перспективными районами. Дорожная и строительная спецтехника, необходимая для создания инфраструктуры, на первом этапе является главным местным потребителем ГСМ. Многие месторождения Восточной Сибири ввиду труднодоступности и слабой изученности территорий еще не открыты и ждут своего часа. Развитие транспортной инфраструктуры открывает перспективы для геологоразведки и разработки негорючих полезных ископаемых, которыми так богата Восточная Сибирь (Рис. 2).

Месторождения меди и никеля, железной руды, платиноидов, редкоземельных элементов, каменного угля и др., приурочены к трапповым формациям, занимающим огромную территорию Сибири к востоку от Енисея. С кристаллическими породами Анабарского и Алданского щитов связаны месторождения титана, алмазов, золота, урана, апатитов и мрамора. Для более детальной геолого-геофизической разведки необходимо время, средства и уверенность, что развитие горнорудной промышленности будет опираться на местные природные энергетические ресурсы, способные в дальнейшем обеспечить рентабельное производство.

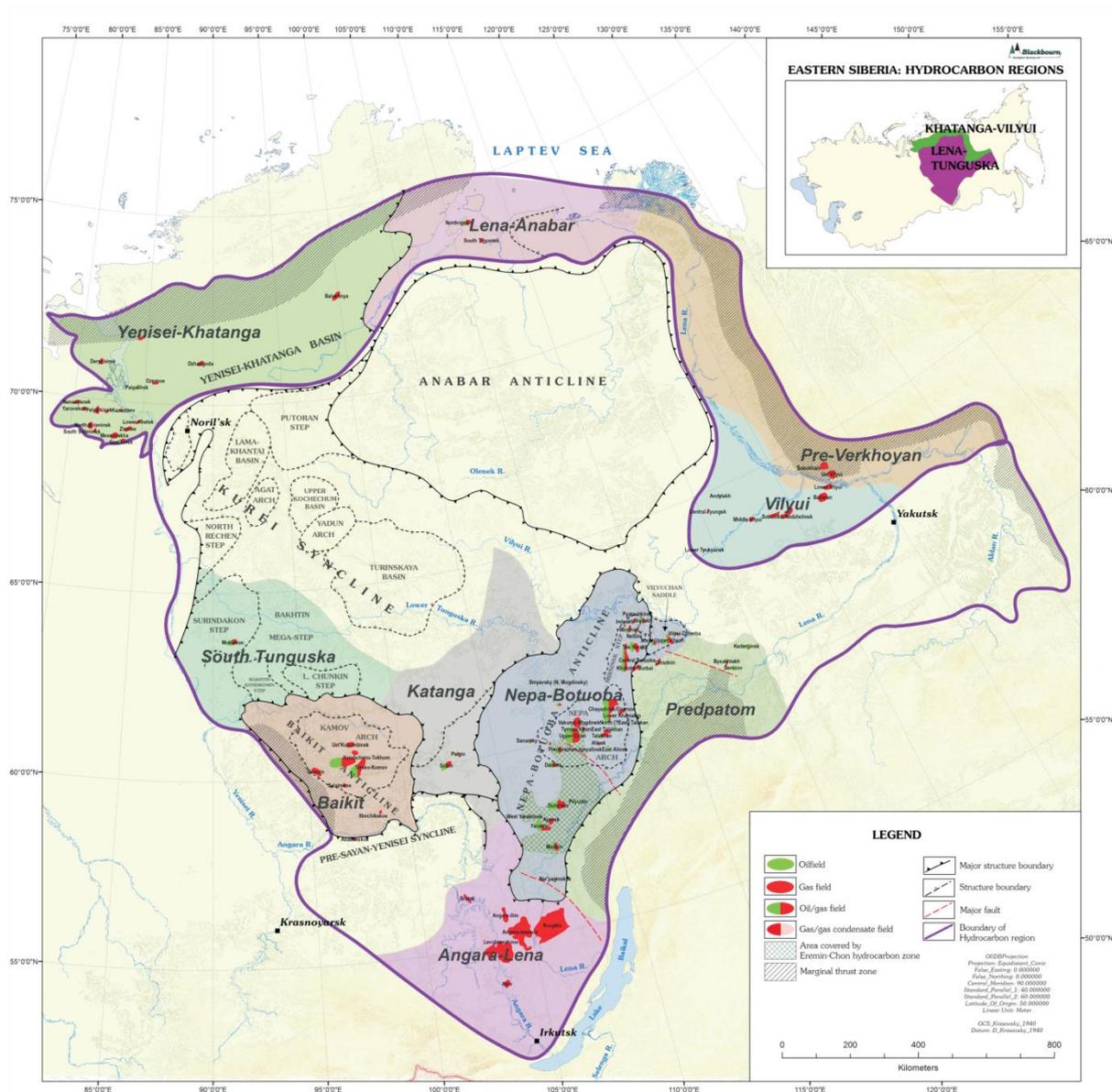


Рис. 2 – Месторождения нефти и газа, расположенные по периферии Восточно-Сибирской платформы [4], могли бы служить источником энергоносителей, необходимых для разработки полезных ископаемых, приуроченных к кристаллическим массивам Анабарского и Алданского щитов и трапповым провинциям

Вывоз сырья (руды и углеводородов) за тысячи километров с целью переработки — это неразумная трата сил и средств; экономически намного эффективнее переработка сырья вблизи мест добычи. Развитие горнорудной промышленности на новых территориях потребует больших энергозатрат, и было бы разумно сохранить для местных нужд те немногие месторождения углеводородов, которыми природа одарила Восточную Сибирь. С этой точки зрения стратегия, направленная на строительство дорогостоящих нефте- и газопроводов с целью скорейшего выкачивания природных ресурсов и продажи сырья за границу является недальновидной, так как подрывает основы энергетической безопасности России и противоречит интересам будущих поколений россиян.

#### Выводы.

Новые каталитические методы термокрекинга при атмосферном давлении и десульфуризации нефти и газа позволяют эффективно решить проблему переработки стабильного конденсата в высококачественные продукты ГСМ в непосредственной

близости от мест добычи. Все элементы производственной цепочки представлены относительно компактными модульными установками и предназначены для автономной работы в суровых условиях.

Экономичное и экологически чистое безотходное производство ГСМ в системе замкнутого цикла – ключевая предпосылка для комплексного развития труднодоступных регионов Сибири. Преимущества производства ГСМ непосредственно на месторождениях:

- Экономическая эффективность – за счет производства готовой продукции для потребителя на месте добычи сырья. Не требует строительства дорогостоящих нефте- и газопроводов из труднодоступных районов.
- Бережное использование природных ресурсов в интересах не только нынешнего, но и будущих поколений россиян.
- Возможность круглогодичной работы спецтехники – для развития сети дорог, разведки и в перспективе – добычи широкого спектра полезных ископаемых.
- В конечном счете – энергетическая безопасность страны, благодаря сохранению стратегических ресурсов нефти и газа в России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муравьев А.В., Никонов А.Л., Тюрина Л.А., Жуков С.И., Крупцев А.В. Замкнутый производственный цикл - новая парадигма использования углеводородных ресурсов удаленных месторождений Сибири // Статья SPE-171300. Публикация OnePetro. 2014. 13С.
2. Никонов А.Л., Пятов И.С., Крупцев А.В., Жуков С.И., Егорова Е.В., Ливойс Дж., Муравьев А.В. Освоение труднодоступных газоконденсатных месторождений: проблемы и решения // Статья SPE-176660. Публикация OnePetro, 2015. 24С.
3. Al-Anazi H.A., Walker G., Pope G., Sharma M., Hackney D. A Successful Methanol Treatment in a Gas-Condensate Reservoir: Field Application // SPE-80901, presented at Operations and Production Symposium, Oklahoma City, USA, March 22-25, 2003.
4. <https://www.blackbourn.co.uk/reports/eastern-siberia/> Blackbourn Geological Services Ltd., 2014.

#### ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ИМПАКТНЫЕ СТРУКТУРЫ

*А.В. Николаев<sup>1</sup>, В.Т. Трофимов<sup>2</sup>, А.Д. Жигалин<sup>1,2</sup>, Е.В. Архипова<sup>3</sup>, О.В. Анисимова<sup>3</sup>, М.А. Харьковина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт физики Земли РАН, г.Москва, zhigalin.alek@yandex.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г.Москва

<sup>3</sup> Государственный университет «Дубна», г.Дубна

Импактные структуры представляют собой геологические объекты, образовавшиеся при падении на Землю крупных метеоритов и астероидов. К импактным структурам также могут быть отнесены геологические неоднородности, возникшие в результате поверхностных и подземных ядерных и химических взрывов, а также провалы и воронки, связываемые с взрывами газовых гидратов. На земной поверхности по разным данным выявлено от 150-180 до более полутора тысяч природных импактных структур, к которым следует добавить огромное число подобных структур, скрытых водами Мирового океана.

В месте падения «космического гостя» реализуется кратковременное ударное воздействие с выделением большого количества энергии. В результате в так

называемой «мишени» и ее окрестностях резко возрастают температура и давление, а на поверхности планеты остаются следы удара, получившие название «астроблем».

Изучение импактных структур показывает, что «бомбардировка» планет Солнечной системы малыми космическими телами является ординарным событием. Статистика импактных событий предполагает возможность столкновения с Землей в среднем раз в 5200 лет космического объекта диаметром 100 м с образованием воронки диаметром до 1,2 км. Наблюдения за астероидами, орбиты которых проходят вблизи Земли, внушают некоторые опасения относительно возможности столкновения их с планетой. Так, 19 июня и 18 декабря 2004 г. на расстоянии 60-78 тыс км от Земли наблюдался астероид MN4, диаметр которого составляет 380-400 м. Удар такого небесного тела при столкновении с нашей планетой способен вызвать, по крайней мере, региональную катастрофу.

Техногенными импактными структурами можно считать геологические формы, которые образуются в результате ядерных или мощных химических взрывов на поверхности или в замкнутом геологическом пространстве на значительной глубине.

Характерной особенностью импактных структур является наличие заметных следов воздействия сверхвысоких температуры и давления, которые могут в момент удара достигать в «мишени» (место падения космического тела или взрывного очага) значений более 3800°C и 140 ГПа. Взрывные характеристики технологических ядерных взрывов (температура и давление) существенно более высокие. Ударное воздействие космического тела при падении на твердую поверхность планеты вызывает значительные изменения горных пород в «мишени» и ее ближайших и отдаленных окрестностях. Этот феномен носит название шок-метаморфизма и обусловлен действием давления и температуры, не наблюдаемых при протекании земных процессов. Помимо этого, в импактных структурах обнаружены специфические породы, названные импактитами, «экзотические» месторождения полезных ископаемых, обычно, не свойственных для сходных геологических разрезов. В зависимости от того, каковы были «предимпактные» петрографические и литологические характеристики геологического разреза, при ударном воздействии могут образоваться месторождения алмазов, нефти, угля, золота, урана, меди, никеля и др.

Техногенные импактные структуры по своим постимпактным характеристикам заметно отличаются от природных аналогов, поскольку формируются в специфических геологических условиях, что определяет последствия трансформации горных пород. При проведении как испытательных («военных»), так и промышленных ядерных взрывов на большой глубине без выброса грунта на поверхность, метаморфизм горных пород ограничивается стенками и ближайшими окрестностями полости, образующейся в результате взрыва. Вследствие чрезвычайно высокой температуры ( $\sim 10^6$  °C) и громадного избыточного давления ( $\sim 10^6$  ГПа), сопутствующим подземному ядерному взрыву, происходит скоротечное расширение раскаленных газов, находящихся в малом объеме под высоким давлением и разлет продуктов взрыва, образовавшихся в результате термических перевоплощений горных пород. Это приводит к формированию взрывной полости, образованию зон механического разрушения, трещин, пластических деформаций и механических колебаний (сейсмических волн) в массиве горных пород. Для большинства грунтовых сред взрывная полость не является устойчивой, вследствие чего со временем происходит обрушение ее кровли.

Природные импактные структуры.

Природные импактные структуры, образовавшиеся при выпадении на Землю крупных метеоритов и астероидов, начали систематически изучаться в 60-70-х гг. прошлого века. Полный каталог импактных структур на поверхности Земли насчитывает 1526 образований. Из них только 223 пока считаются достоверными, 251 - вероятными, 951 - возможными, которые еще требуют исследований, 101 -

неустановленными. Возраст известных импактных структур варьирует от 5 млн до 2 и более млрд лет.

Известные на территории современной России доказанные ударные кратеры с диаметром более 3 километров, представлены в таблице 1. Среди них второй в мире по величине Попигайский метеоритный кратер в Восточной Сибири, в долине р. Попигай, и Пучеж-Катунская астроблема, находящаяся в Нижегородской области.

Попигайская астроблема, диаметр которой составляет около 100 км, была открыта в 1946 г. В 1970 году была выдвинута гипотеза о её метеоритном происхождении и было установлено, что в районе кратера находится крупнейшее в мире месторождение импактных алмазов.

Пучеж-Катунский кратер диаметром около 80 км, имеющий возраст около 167 млн лет, располагается примерно в 80 км севернее г. Нижний Новгород. В рельефе кратер никак не выражен, однако, на космических снимках района хорошо просматривается округлая структура диаметром 140 км. Учитывая размеры Пучеж-Катунской астроблемы и предполагаемую силу удара, при которой она сформировалась, можно говорить о ее возможной алмазоносности, сходной с алмазоносностью Попигайской импактной структуры. Речь идет о так называемых импактных алмазах, имеющих очень малые размеры и не пригодных для ювелирной огранки, но обладающих повышенными абразивными свойствами, что может представлять интерес для промышленного их использования.

Таблица 1 – Наиболее крупные ударные кратеры на территории России

Название кратера	Место расположения	Диаметр, км	Возраст, млн лет
Попигай	Якутия и Красноярский край	100	35.7
Пучеж-Катунский	Нижегородская область	80	167
Карский	Ненецкий автономный округ	65	70
Кограм	Якутия	50	1050
Каменский	Ростовская область	25	49.15 ± 0.18
Логанча	Эвенкийский автономн. округ	20	40 ± 20
Эльгыгытгын	Чукотский автономный округ	18	3.5 ± 0.5
Суавъярви	Республика Карелия	16	~2400
Калужский	Калужская область	15	380
Янисъярви	Республика Карелия	14	700 ± 5
Карлинский	Татарстан	10	5 ± 1
Рагозинка	Свердловская область	9	46 ± 3
Беенчиме-Салатинский	Таймырский автономный округ	8	40 ± 20
Курский	Курская область	6	250 ± 80
Чукча	Красноярский край	6	75 ± 25
Гусевский	Ростовская область	3	49.15 ± 0.18
Мишиногорский	Псковская область	3	300 ± 50

Природные импактные структуры представляют собой памятники геологической истории Земли. Однако перспектива освоения в будущем месторождений импактных алмазов и других «экзотических» минеральных полезных ископаемых, делает астроблемы интересными с практической точки зрения объектами природы.

Интересной особенностью известных на сегодняшний день импактных структур является отсутствие следов аномальной радиации, хотя эти структуры отображаются в гравитационном и геомагнитном геофизических полях. Отсутствие следов радиоактивности в импактатах позволяет исключить импактные кратеры из ряда экологически проблемных с радиологической точки зрения геологических структур.

Природные импактные структуры.

За все время существования Земли, оцениваемое в 3,6 млрд лет, жизненный процесс, однажды начавшись, никогда (!) не прекращался. В то же время под влиянием изменяющихся условий на планете постоянно происходила смена видов животного и растительного миров. Особо выделяются пять исторических периодов, когда наша планета в короткий по геологическим меркам срок лишалась множества видов растений и животных. Эти периоды, всего их выделяют пять, носят название массовых вымираний, некоторые из которых связываются с падением на поверхность планеты крупных космических тел (Табл. 2).

Из таблицы 2 следует, что четыре из пяти установленных вымираний можно связать с падением на Землю космических тел разного размера. При этом следует допускать наличие и иных факторов существенного изменения экологической обстановки в далеком геологическом прошлом. Таким образом, с позиций экологии импактные события могут быть отнесены к категории существенных негативных экологических факторов. Однако необходимо помнить, что вымирающие виды животного и растительного мира освобождали экологические ниши для новых форм жизни, более приспособленных к изменяющимся условиям и, таким образом, приближали формирование биосферы с ее теперешним разнообразием. Что касается грядущего шестого массового вымирания через 100 или 1000 лет, то стоит подсчитать, сколько раз за последние десятилетия нам, землянам, обещали то «конец света», то катастрофическое потепление, и задуматься, наконец, о причинах и целях такого рода инициаций.

Таблица 2 – Массовые вымирания в геологической истории Земли

Название вымирания	Геологическое время	Характеристика	Причина
Ордовикско-силурийское	450-440 млн лет назад	вымерло около 60% всех морских беспозвоночных	точная причина не установлена; предполагается, что при сдвигении материка Гондваны к южному полюсу на фоне похолодания произошло понижение уровня Мирового океана
Девонское	374 и 359 млн лет назад	имело два пика, во время которых вымерло около 50% морских животных, исчезли 50% всех родов и 20% семейств, почти все бесчелюстные	основной причиной считается изменение уровня и кислородное обеднение Мирового океана, связываемое с высокой вулканической активностью Земли; не исключается версия падения крупного внеземного тела, например, кометы
Великое пермское	250 млн. лет назад	величайшее массовое вымирание, приведшее к исчезновению 95% всех видов животных: 70% наземных животных, 96% морских видов, более 57% родов	В качестве причин называют повышенную вулканическую активность, выброс со дна океана большое количество метана, приведший к

Название вымирания	Геологическое время	Характеристика	Причина
		насекомых, затронуло даже микроорганизмы	губительной смене климата, столкновение Земли с огромным астероидом
Триасовое	200 млн. лет назад	длилось в течение 10 тыс лет и считается скоротечным; вымерло 50% животных: 20% всех морских животных и большинство видов земноводных	возможной причиной называют распад Пангеи, вызванный падением большого астероида, что изменило погоду на планете
Мел-палеогеновое	65 млн. лет назад	вымерли динозавры, погибло более 15% семейств морских и 18% сухопутных животных	наиболее известные теории в качестве причины рассматривают столкновение Земли с крупным астероидом или влияние излучения от взрыва сверхновой звезды; предполагается также, что животные не смогли приспособиться к новой кормовой базе были истреблены первыми млекопитающими
Шестое массовое ?	произойдет через 100 или 1000 лет	могут исчезнуть 75 % и более ныне существующих на планете видов животного мира, в том числе человек	грядущее массовое вымирание может произойти полностью по вине человека; не исключены также столкновение с астероидом больших размеров и/или таинственной планетой Нибиру

Техногенные импактные структуры формируются при реализации взрывных технологий с применением ядерных материалов или большого количества химических взрывчатых веществ для решения целого ряда практических задач: «военные задачи» и так называемые «мирные» подземные ядерные взрывы.

При подземных ядерных взрывах создается ситуация, сходная с той, которая наблюдается при импактном событии, с той лишь разницей, что аномальные условия создаются на большой глубине под дневной поверхностью. В результате в очаге ядерного взрыва образуется взрывная полость. Для большинства грунтов взрывная полость оказывается неустойчивой, вследствие чего происходит обрушение кровли и полость заполняется обломками породы. Над полостью образуется коническая фигура, берущая начало в очаге взрыва. Возможна и обратная ситуация, когда плотно утрамбованные грунты разрушаются и увеличиваются в объеме, образуя на земле холм из каменной крошки.

При подземных ядерных взрывах создаются условия, сходные с теми, которые сопутствуют природным импактным событиям, поэтому достаточно наличия в геологическом разрезе места проведения взрыва углерода в какой-либо из его форм – графита, метана, углеводородов и др., чтобы образовались алмазы. Однако пока сведения о находках алмазов в местах проведения подземных ядерных взрывов отсутствуют. Равно как и сведения о проведении исследований в этом направлении. Не исключено, что серьезным препятствием для этого служит «экологический фактор».

Радиоэкология техногенных импактных структур.

Считается, что при подземном ядерном взрыве проникающая радиация, радиоактивный газовый сгусток и продукты взрыва остаются в полости и заполняющей ее разрушенной породе. Однако временная неустойчивость взрывных полостей дает основание предполагать, что со временем возможно формирование заметных локальных аномалий радиоактивности в местах проведения взрывов. Это обстоятельство является ограничивающим «экологическим фактором» при рассмотрении проектов поиска в окрестностях мест проведения подземных ядерных взрывов полезных ископаемых, характерных для природных импактных структур и освоения соответствующих территорий.

Со временем все отчетливее вырисовывается проблема отдаленных последствий ядерных взрывов. Речь идет о том, что подземные полости, образовавшиеся при проведении взрывов на больших глубинах, не только накапливают радиоактивный рассол, но и выдавливают его к поверхности земли, что может заметно ухудшать радиационную обстановку. Место, где когда-то был произведен подземный атомный взрыв, становится захоронением радиоактивных отходов. Правда, оно скрыто в земной толще на большой глубине, 1-2 км, но со временем подвижки земной коры, грунтовые воды и другие причины могут тем или иным путем способствовать распространению радионуклидов. Поэтому места взрывов определены законодательством как ядерные установки в стадии вывода из эксплуатации, что требует долговременного расходования средств для контроля за их состоянием и поддержания в надежной изоляции.

В заключении отметим следующее.

Природные и техногенные импактные структуры имеют много сходных черт. При трансформации в аномальных термодинамических условиях исходные горные породы в «мишенях» импактных структур и подземных полостях (при проведении ядерных взрывов на больших глубинах) претерпевали значительные изменения, в результате чего могли формироваться пригодные для разработки месторождения «экзотических» полезных ископаемых – алмазов, нефти, угля, золота, урана, меди, никеля и др. Это привлекает внимание к импактным структурам – природным как к памятникам геологической истории Земли и месторождениям уникальных полезных ископаемых, а также техногенным как к объектам повышенного «радиоэкологического интереса» и как лабораториям по изучению «отдаленных последствий» проводившихся в нашей стране «военных» и мирных ядерных взрывов.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ АЗРФ**

*В.Г. Татаринцева, С.Б. Селянина, И.Н. Зубов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, [gumin@fciarctic.ru](mailto:gumin@fciarctic.ru)

Эффективное освоение природных ресурсов Арктики рассматривается на государственном уровне в числе приоритетных задач развития России и предполагает

создание современных технологий, позволяющих в полной мере использовать потенциальные возможности сырья. Одним из наиболее распространенных и, что немаловажно, возобновляемых ресурсов АЗРФ является торф – основной компонент торфяно-болотных экосистем, на долю которых, по современным оценкам, приходится около 34 % материковых Арктических территорий [1].

Торф является уникальным природным ресурсом, содержащим широкую гамму химических соединений, что дает возможность рассматривать его как ценное сырье для разных отраслей промышленности [2, 3].

Мировые запасы торфа составляют более 500 млрд. т, из которых на долю России приходится примерно 285 млрд. т. Для сравнения Индонезия обладает 78,5 млрд. т, США – 36,3 млрд. т, Финляндия и Канада – по 35 млрд. т, КНР – 27 млрд. т, Швеция – 11,2 млрд. т, Германия – 7,3 млрд. т, Ирландия – 5,8 млрд. т, Великобритания – 5,7 млрд. т. [4]. При этом в России учтено и хотя бы частично разведано около 45 тысяч торфяных месторождений общей площадью 80,5 млн. га с запасами торфа, составляющими 47% от общего объема мировых запасов [5].

Долгое время торф рассматривался преимущественно как топливный ресурс. Вместе с тем, комплексная переработка методами экстракции, гидролиза, окислительной деструкции и т.д. позволяет получать широкий спектр высокоценных соединений, среди которых препараты гуминовых кислот, битумы, углеводы и др. [6]. Поэтому в настоящее время за рубежом торф используется не столько в качестве топлива, сколько в сельском хозяйстве, в бальнеологии, для получения воска, медицинских препаратов, продуктов парфюмерной промышленности, технической бумаги, кислот, спирта и многих других видов продукции [7]. При этом торф, являясь экологически чистым природным продуктом, воспринимается как более «человеколюбивое» сырье для изготовления медицинских препаратов, применения в бальнеологии и косметологии, чем синтетические соединения.

В нашей стране преимущественно развиты только топливное и сельскохозяйственное направления. Имеется некоторый опыт применения торфяных грязей (аналогов лечебных грязей из сапропеля) в бальнеологии.

Несмотря на огромные запасы торфа, на севере РФ отсутствует производство торфяной продукции, хотя рациональное использование этого ценного возобновляемого сырья бесспорно повысило бы качество жизни местных жителей. При этом следует учитывать, что в экстремальных геоклиматических условиях АЗРФ происходит не только формирование специфического состава растений-торфообразователей за счет особенностей процессов биосинтеза, но и особая замедленная биогеотрансформация растительных остатков, что способствует формированию торфа с уникальным комплексом состава, структуры и свойств. Поэтому можно рассматривать торфяники данных территорий как перспективный возобновляемый источник многообразных органических соединений, и прогнозировать возможность получения при их освоении уникальных инновационных продуктов широкого спектра действия.

В частности, в результате проведенных исследований группового и компонентного состава образцов верхового торфа, отобранных на территории Приморского района Архангельской области, и их битумной составляющей выявлено, что количество извлекаемых экстрактивных веществ (битумов) в исследуемых образцах верхового торфа в зависимости от метода выделения и используемого растворителя может достигать 10,5 %. Данное значение сопоставимо с характерными для низинного торфа более южных регионов.

Во всех исследуемых экстрактах обнаружены и идентифицированы такие группы органических соединений, как терпеноиды различного состава и строения, стероиды, кислоты, кетоны, токоферолы, n-алканы, n-алкан-2-оны.

Основу исследуемых экстрактов независимо от вида используемого растворителя составляют пентациклические тритерпеноиды, относительное содержание которых варьируется от 62 до 65 %. Основным компонентом данной группы соединений является тараксерен, доля которого во фракции превышает 33 %, а с учетом его кислородсодержащих форм (тараксерон, тараксерол) достигает 42 %. Стоит отметить, что для этих соединений выявлена специфическая агрохимическая активность.

Еще одной группой экстрактивных веществ торфа интересной как с точки зрения выхода, так и возможностей применения являются стероиды. Их содержание в исследуемых образцах достигает 16-18 %, при этом извлекаемые стероиды представлены в основном ситостеролом и производными стигмастана. Эти соединения обладают широким спектром биологической активности и применяются в фармацевтической промышленности при получении препаратов для поддержания иммунитета, борьбы с простатитом и снижения уровня холестерина в крови [8].

Таким образом, при освоении торфяных месторождений АЗРФ перспективно использовать битумную часть торфа для получения биологически активных препаратов широкого спектра действия.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 18-05-70087).*

*Авторы выражают благодарность сотрудникам института ХН СО РАН (г. Томск) Серебренниковой О.В., Кадычагову П.Б., Русских И.В. и Стрельниковой Е.Б. за помощь в получении экспериментальных данных по компонентному составу битумов торфа.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сирин А.А., Маркина А.В., Минаева Т.Ю. Заболоченность Арктической зоны России // Материалы международного полевого симпозиума «Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты». Сыктывкар, 2017. С. 16–22.
2. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки. Минск: Беларус. Навука, 2009. 328 с.
3. From molecular analysis of humic substances – to nature-like technologies // Book of abstracts Fourth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies (HIT-2017) Moscow, Russia October 15–21, 2017. 168 p.
4. Торф. Ресурсы, технология, геоэкология / В.И. Косов, А.С. Беляков, О.В. Белозеров, Д.Ю. Гогин; Под. ред. В.И. Косова. СПб: Наука, 2007. 452 с.
5. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0 / А. Иванов, С. Шоба, В. Столбовой и др. Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. Москва, 2014. 768 с.
6. Bambalov N.N. Use of peat as an organic raw material for chemical processing // Solid Fuel Chemistry, 2012. V. 46. № 5. P. 282–288.
7. Selyanina S.B., Parfenova L.N., Bogolitsyn K.G., Trufanova M.V., Tsyganov A.R., Sokolova T.V., Pekhtereva V.S., Bogdanov M.V. About The Feature Of Peat Composition Formed In The Northern Environment // Book of abstracts 17th Meeting of the International Humic Substances Society Ioannina, Greece 1-5 September, 2014. P. 341–342.
8. Singh B., Sharma R.A. Plant terpenes: defense responses, phylogenetic analysis, regulation and clinical applications // 3 Biotech, 2015. Vol. 5. № 2. P. 129–151. doi: 10.1007/s13205-014-0220-2

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

---

## ЗООПЛАНКТОН БУХТЫ НОВЫЙ ПОРТ (ОБСКАЯ ГУБА, КАРСКОЕ МОРЕ) В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД

Г.Х. Абдуллина, В. А. Алексюк, М.С. Бондарь.

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень, ecology@gosrc.ru

Обская губа – крупнейший залив Карского моря, замыкающий водоем р. Обь, имеющий важное рыбохозяйственное значение. Согласно современным научным классификациям, Обская губа – это эстуарий лиманного типа. Его длина - 750 км, ширина от 30 до 75 км, водная площадь 55,5 тыс. км<sup>2</sup> и объемом воды 445 км<sup>3</sup>. Определяющее значение для гидрологического режима Обской губы и процессов, в ней происходящих, имеет р. Обь, которая поставляет в Обскую губу большую часть стока 75,8 % (из 530 км<sup>3</sup>) [1, 2, 3].

В связи с большой протяженностью Обской губы в меридиональном направлении гидрологический режим эстуария значительно изменяется с юга на север. Вследствие этого Обскую губу принято делить на три части: южную – от дельты р. Оби до линии, соединяющей мыс Круглый с мысом Каменным, среднюю – до линии от устья р. Тамбей до мыса Таран и северную – до выхода в Карское море [4]. Обская губа – относительно мелководный водоем. Глубина в южной части в среднем составляет 5,4 м, в средней – 10,5 м и в северной – 11,3 м. Максимальные глубины (23–25 м) отмечены в средней и северной частях губы и занимают небольшие площади.

Западный берег южной части Обской губы изрезан многочисленными заливами и бухтами, одна из которых - бухта Новый Порт. В связи с тем, что большую часть времени в году (215–255 дней) Обская губа покрыта льдом, гидробиологический режим в зимнее время значительно отличается от летнего, поэтому отмечаются изменения качественного и количественного развития зоопланктона. Зимой подо льдом в Обской губе обитают такие планктоноядные рыбы, как ряпушка, молодь сиговых рыб, а также зимует большинство других промысловых рыб. Несмотря на то, что низкие температуры воды снижают процессы обмена даже у гидробионтов Субарктики, питание рыб Обской губы продолжается, и это заставляет более изучать зимний зоопланктон. Сведения о развитии зоопланктона в подледный период приводятся в работах А. С. Лещинской [5], Е. К. Андриенко [6] и Г. Х. Абдуллиной [7].

Изучение зоопланктона в период гидрологической зимы (февраль, апрель – начало июня, ноябрь) проводилось в 2010–2016 гг. и 2018 г. в южной части Обской губы в бухте Новый Порт и на двух разрезах южнее и севернее бухты. Пробы зоопланктона отбирались количественной сетью Джели из мельничного газа № 63 протягиванием от дна до поверхности. Материал фиксировался 4 % раствором формалина. Всего собрано и обработано 115 количественных проб. Обработка собранного материала проводилась по общепринятой методике [8]. Биомассу определяли, исходя из численности организмов, используя зависимость массы от длины тела [9]. Авторы выражают благодарность за сбор материала С. И. Степанову, А. В. Вылежинскому и А. С. Таскаеву.

Результаты обработки материала позволили описать видовой состав и структуру планктонных сообществ на обследованной акватории Обской губы для зимнего периода. В составе зоопланктона обнаружено 34 вида и разновидностей Rotatoria, 11 видов Copepoda (в том числе Calanoida – 4, Cyclopoida – 6 и Harpacticoida – 1) и 9 видов Cladocera. Также в пробах встречались представители отряда Amphipoda (Табл. 1). Отмечены два реликта морских трансгрессий – *Limnocalanus macrurus* и *Monoporeia affinis*. Все определенные виды являются обычными для этого участка Обской губы и ранее отмечались в пробах зоопланктона и зообентоса, взятых в период открытой воды [10, 11].

Таблица 1 – Таксономический состав зоопланктона бухты Новый Порт

Таксоны	Бухта	Южнее бухты	Севернее бухты
Rotatoria			
<i>Asplanchna priodonta priodonta</i> Goss	+		
<i>Bdelloida</i> Hudson	+		+
<i>Brachionus angularis angularis</i> Goss	+	+	+
<i>Brachionus a. bidens</i> Plate	+		
<i>Brachionus calyciflorus spinosus</i> Wierz.	+		
<i>Brachionus c. anuraeiformis</i> Brehm	+		
<i>Brachionus c. calyciflorus</i> Pallas	+		
<i>Brachionus q. cluniorbicularis</i> Skorikov	+		
<i>Cephalodella</i> Bory de St. Vincent	+		
<i>Eosphora najas</i> (Ehr)	+		
<i>Filinia longiseta limnetica</i> (Zach.)	+		
<i>Filinia longiseta longiseta</i> (Ehr.)	+		+
<i>Filinia major</i> (Colditz)	+	+	+
<i>Kellicottia longispina longispina</i> (Kell.)	+	+	+
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+
<i>Keratella c. macracantha</i> (Laut.)	+		+
<i>Keratella hiemalis</i> Carlin	+		
<i>Keratella quadrata quadrata</i> (Muller)	+	+	+
<i>Keratella q. longispina</i> (Thieb)			+
<i>Keratella q. dispersa</i> Carlin	+	+	
<i>Keratella q. frenzeli</i> (Eckst.)	+	+	+
<i>Keratella valga valga</i> (Ehrenberg)	+	+	+
<i>Notholca acuminata acuminata</i> (Ehrb.)	+	+	+
<i>Notholca acuminata extensa</i> Olofsson			+
<i>Notholca caudata</i> Carlin	+	+	+
<i>Notholca intermedia</i> Voron.	+	+	+
<i>Notholca labis</i> (Gosse)	+	+	
<i>Notholca squamula</i> (Muller)	+	+	+
<i>Notommata</i> sp. Ehrenberg	+		
<i>Polyarthra dolichoptera dolichoptera</i> Idelson	+	+	+
<i>Polyarthra major</i> Burckhardt	+	+	+
<i>Synchaeta</i> sp. Ehrenberg	+	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	+	+	+
<i>Synchaeta tremula</i> (Muller)	+	+	+
Cladocera			
<i>Bosmina coregoni</i> (Baird)	+		
<i>Bosmina kessleri</i> (Uljanin)	+		
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Muller)	+		+
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	+	+	
<i>Bosmina obtusirostris</i> Sars	+	+	+
<i>Chydorus ovalis</i> Kurz	+		
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.Muller)	+	+	+
<i>Daphnia longiremis</i> Sars	+		+
<i>Leydigia leydigii</i> (Leydig)	+		
Copepoda			
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsch.)	+		
<i>Cyclops kolensis</i> Lill.	+	+	+

Таксоны	Бухта	Южнее бухты	Севернее бухты
<i>Cyclops strenuus</i> Fisch.	+		
<i>Cyclops vicinus</i> Uljan	+	+	+
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus)	+		+
<i>Megacyclops gigas</i> (Claus)	+		
<i>Eudiaptomus gracilis</i> Sars		+	
<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lill	+		
<i>Limnocalanus macrurus</i> (Sars)	+	+	+
<i>Neurodiaptomus incogruens</i> Poppe.		+	+
Haracticoida	+	+	+
Amphipoda			
<i>Monoporeia affinis</i> (Lindström)	+	+	+
<i>Micruropus</i>	+		

В бухте Новый Порт в составе зоопланктона определено наибольшее количество видов – 55, из них 34 вида и разновидностей коловраток, по 9 видов ветвистоусых и веслоногих ракообразных, также в пробах присутствовали высшие ракообразные отряда Amphipoda: *Monoporeia affinis* и рода *Micruropus*, численность которых составляла 6–50 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 27,78–277,51 мг/м<sup>3</sup>. Плотность планктонных организмов в подледный период варьировала в широких пределах – от 17 до 68676 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 0,002 до 360,93 мг/м<sup>3</sup> (Табл. 2). Структуру и величину биомассы зоопланктона определяли веслоногие ракообразные, которые были представлены в основном науплиальными стадиями. Их доля в общей численности составляла 53–99 %, а в биомассе 39–89 %. В феврале 2018 г. по численности (42 %) и по биомассе (99 %) доминировал *Limnocalanus macrurus*.

Таблица 2 – Качественные и количественные показатели зоопланктона в бухте Новый Порт

Годы	Месяц	Число видов	Численность, экз./м <sup>3</sup>	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Доминирующие группы
2010	май	11	5885–47308	22,10–71,25	Веслоногие ракообразные
2011	май	23	203–50050	0,16–114,26	Веслоногие ракообразные
2012	май	9	2444–7308	4,79–11,86	Веслоногие ракообразные
	ноябрь	20	2195–6509	2,27–14,59	Веслоногие ракообразные
2013	апрель	15	3886–15343	8,61–34,95	Веслоногие ракообразные
	май	18	3547–21620	12,00–85,34	Веслоногие ракообразные
	ноябрь	22	3492–5223	4,10–6,39	Веслоногие ракообразные
2014	май	10	5210–9739	9,70–13,92	Веслоногие ракообразные
	июнь	24	311–68676	4,85–288,06	Веслоногие ракообразные
2015	май	11	90–10838	0,17–54,68	Веслоногие ракообразные
2016	май	11	17–44585	0,002–86,42	Веслоногие ракообразные
2018	февраль	11	54–625	0,25–360,93	Веслоногие ракообразные
	май	10	1375–32057	9,09–65,80	Веслоногие ракообразные

В составе зоопланктона южнее бухты Новый Порт в районе устья р. Нго-Яха обнаружено 18 видов и разновидностей коловраток, 3 вида ветвистоусых рачков, 6 видов веслоногих ракообразных (Calanoida – 3, Cyclopoidea – 2 и Haracticoida – 1) и один представитель группы высших ракообразных *Monoporeia affinis* (численность 95 экз./м<sup>3</sup> и биомасса 671,87 мг/м<sup>3</sup>). Численность и биомасса планктонных организмов варьировали в широких пределах – от 33 до 49703 экз./м<sup>3</sup> и от 0,04 до 131,53 мг/м<sup>3</sup> (Табл. 3). Величину общей численности и общей биомассы создавали также веслоногие ракообразные. По численности доминировали науплиальные стадии Copepoda (50–

99 %), а по биомассе – *Limnocalanus macrurus* и науплиальные стадии копепод. Роль коловраток и ветвистоусых рачков в создании численности и биомассы незначительна.

На разрезе севернее бухты Новый Порт в районе устья р. Хейбиде-Яха в составе зоопланктона определено 22 вида и разновидностей коловраток, 4 вида ветвистоусых рачков, 7 видов веслоногих ракообразных (Calanoida – 3, Cyclopoidea – 3 и Harpacticoida – 1). На отдельно взятых станциях в пробах зоопланктона были встречены высшие ракообразные отряда Amphipoda, численность которых достигала 446 экз./м<sup>3</sup> при биомассе – 2,64 г/м<sup>3</sup>.

Таблица 3 – Качественные и количественные показатели зоопланктона в Обской губе южнее бухты Новый Порт

Годы	Месяц	Число видов	N, экз./м <sup>3</sup>	B, мг/м <sup>3</sup>	Доминирующие группы по биомассе
2010	май	4	5701–39677	9,99–43,65	Веслоногие ракообразные
2011	май	15	54–2534	0,04–10,08	Веслоногие ракообразные
2012	май	6	4747–7603	9,76–24,37	Веслоногие ракообразные
2013	апрель	10	5368–15528	26,13–35,23	Веслоногие ракообразные
	май	9	7227–20741	19,92–47,32	Веслоногие ракообразные
2014	май	12	1801–2860	2,57–15,19	Веслоногие ракообразные
2015	май	9	100–4733	0,12–20,54	Веслоногие ракообразные
2016	май	3	33	7,93	Веслоногие ракообразные
2018	февраль	3	62–82	38,65–49,87	Веслоногие ракообразные
2018	май	8	8738–49703	18,46–131,53	Веслоногие ракообразные

Численность и биомасса планктонных организмов изменялись от 9 до 17212 экз./м<sup>3</sup> и от 0,01 до 108,89 мг/м<sup>3</sup>, соответственно (Табл. 4). Основу численности зоопланктона составляли веслоногие ракообразные (16–99 %), в среднем – 94 % и коловратки (1–100 %), в среднем – 6 %. В группе веслоногих ракообразных доминировали науплиальные стадии копепод, в группе коловраток - *Notholca caudata*, *Notholca acuminata* и виды рода *Keratella*. Биомассу создавали веслоногие ракообразные, главным образом это науплиальные и копеподитные стадии копепод и *Limnocalanus macrurus*. Ветвистоусые рачки или отсутствовали полностью, или встречались в крайне малом количестве.

Таблица 4 – Качественные и количественные показатели зоопланктона в Обской губе севернее бухты Новый Порт

Годы	Месяц	Число видов	Численность, экз./м <sup>3</sup>	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Доминирующие группы по биомассе
2010	май	5	1473–17242	14,92–36,69	Веслоногие ракообразные
2011	май	10	270–777	0,84–10,40	Веслоногие ракообразные
2012	май	9	916–3824	1,40–5,05	Веслоногие ракообразные
2013	апрель	8	1440–4981	3,69–7,42	Веслоногие ракообразные
	май	16	1438–1934	5,18–9,45	Веслоногие ракообразные
2014	май	8	6270–13693	17,78–61,88	Веслоногие ракообразные
2015	май	7	2428–3928	13,05–28,87	Веслоногие ракообразные
2016	май	8	9–80	0,01–0,13	Веслоногие ракообразные
2018	февраль	7	80–199	22,23–108,89	Веслоногие ракообразные
2018	май	7	1488–5863	3,10–15,35	Веслоногие ракообразные

Качественные и количественные показатели зоопланктона Обской губе в районе исследований в период гидрологической зимы находятся в пределах многолетней динамики развития. Максимальные качественные и количественные показатели были отмечены в бухте Новый Порт. Основу численности и биомассы составляли веслоногие

ракообразные и коловратки, ветвистоусые рачки встречались единично. Веслоногие ракообразные были представлены в основном науплиальными стадиями, в конце мая в начале июня начали превалировать и копеподитные стадии копепод. На отдельных станциях значительную роль в общей биомассе зоопланктона играл реликтовый рачок *Limnocalanus macrurus*. В некоторых пробах зоопланктона также присутствовали представители отряда Amphipoda. Наличие в районе исследований двух реликтов морских трансгрессий – *Limnocalanus macrurus* и *Monoporeia affinis*, свидетельствует о благоприятной экологической обстановке в районе проведенных исследований. Стадии развития зоопланктона и его качественные и количественные характеристики соответствовали зимним показателям и полученные результаты согласуются с литературными источниками.

В связи с освоением Новопортовского нефтяного месторождения и строительством напорного нефтепровода ЦПС Новопортовского месторождения – мыс Каменный, усиливается техногенный пресс на водную экосистему Обской губы, поэтому необходим систематический контроль за состоянием водной среды, гидрофауны и флоры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.Н., Горин С.Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей // Водные ресурсы. 2012. Т.39 №3. С243-257.
2. Москаленко Б. К. Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сиговых рыб Обского бассейна /Б. К. Москаленко; отв. ред. Б. Г. Иоганзена. Тюмень: Труды Обь-Тазовского отд. ВНИОРХ (новая серия). 1958. Т. 1. 250 с.
3. Лапин С.А. Специфика формирования зон повышенной продуктивности в Обском эстуарии / Среда обитания водных биологических ресурсов. Труды ВНИРО, М.: 2014. Т. 152. С 146-153.
4. Бурмакин Е. В. Гидрологический и физико-географический очерк Обской губы и Гыданского залива // Тр. Института полярного земледелия, животноводства и промышленного хозяйства. Л.: Главсевморпуть, 1940. Вып. 10.
5. Лещинская А. С. Зоопланктон и бентос Обской губы как кормовая база для рыб // Труды Салехардского стационара. 1962. Вып., 2. 76 с.
6. Андриенко Е. К. Условия обитания ряпушки в Обской губе / Известия ГосНИОРХ. 1978. Т. 136. С. 91-109.
7. Абдуллина Г. Х. Современное состояние зоопланктона Обской губы // Современные проблемы гидроэкологии: тезисы докладов 4-й Международной науч. конф., посвященной памяти проф. Г.Г. Винберга, 11-15 октября 2010 г., Россия, Санкт-Петербург, 2010. С. 8.
8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова Л., Гидрометеиздат, 1983, 239 с.
9. Балущкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., Наука, 1979. С. 58-79.
10. Семенова Л. А., Алексюк В. А., Дергач С. М., Лелеко Т. И. Видовое разнообразие зоопланктона водоемов Обского Севера / Вестник экологии лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Ин-т проблем освоения Севера СО РАН, 2008. Вып. 1. С. 127-134.
11. Степанова В.Б., Вылежинский А.В., Степанов С.И., Степанов П.С. Макрозообентос бухты Новый Порт (Обская губа, Карское море) // Вестник рыбохозяйственной науки. 2015. Т. 2 №2 (6) С. 76-83.

**ОПИСАНИЕ ПОЧВЕННЫХ РАЗРЕЗОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАДИОНУКЛИДОВ В НИХ В РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ  
ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА**

*А.В. Баженов<sup>1</sup>, Е.Ю. Яковлев<sup>1</sup>, С.В. Дружинин<sup>1</sup>, И.М. Киселева, Н.С. Царева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, evgeny.yakovlev@fciarctic.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г.Томск

В 2018 г. сотрудники лаборатории экологической радиологии ФИЦКИА РАН и Томского государственного университета провели экспедиционные работы по исследованию естественной и техногенной радиоактивности почвы в районе месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова. В ходе проведения работ вдоль излучины р. Золотицы на ее правом берегу были заложены 10 почвенных разрезов (Табл. 1), из каждого генетического горизонта почвы каждого разреза была отобрана проба.

Таблица 1 – Характеристика почвы и описание места заложения почвенного разреза

Номер разреза	Характеристика почвы	Место заложения	Координаты	Глубина, см
П-1	подзол иллювиально-железистый поверхностно элювиальный (типичный)	на нижней части склона (1-2°) в долине Золотицы	N 65°22.55; E 41°02.555	165
П-2-	подзол иллювиально-железистый мелко элювиальный песчаный (на завалуненных моренных суглинках)	на отдельной вершине междуречья, прилегающего к долине Золотицы	N 65°21.285 E 41°05.204	100
П-3	аллювиальная	на правом берегу руч. Тучки-на в пойме в 7 м от русла (прирусловая терраса)	N 65°22.222 E 41°04.479	130
П-4	подзол глееватый иллювиально-железистый неглубоко элювиальный	на склоне (1-2°) в 500 м от отстойника алмазной кимберлитовой трубки	N 65°18.994 E 41°06.636	140
П-5	подзол иллювиально-железистый поверхностно элювиальный	на водоразделе в долине Золотицы; с двух сторон заболоченная территория	N 65°22.272 E 41°02.903	176
П-6	подзол иллювиально-железистый песчаный на делювиальных супесчано-суглинистых слоистых отложениях	на склоне (3-4°) долины малой реки в широкой U-образной балке	N 65°23.489 E 41°03.301	144
П-7	подзол иллювиально-железистый супесчаный (с глубины	на стенке карьера на острове среди болот вблизи долины	N 65°22.185 E 41°03.137.	220

Номер разреза	Характеристика почвы	Место заложения	Координаты	Глубина, см
	90 см – глина)			
П-8	подзол иллювиально-железистый супесчаный (с глубины 30 см морена)	на возвышенном участке морены	N 65°20.281 E 41°06.565	127
П-9	подзол иллювиально-железистый супесчаный на доломитовых отложениях	в небольшой блюдцевидной ложбине на склоне(1-2°) вблизи руч. Светлого	N 65°16.992 E 41°05.809	123
П-10	подзол иллювиально-железистый языковатый супесчаный (с глубины 40 см подстилаемый слоистыми делювиальными супесчаными отложениями)	на левом берегу Золотицы в пойменной части крутизна склона 1-2°	N 65°22.487 E 41°01.822	149

Подзолистая иллювиально-железистая почва формировалась на поверхностных элювиальных и делювиальных отложениях под среднетаежным хвойным лесом с мохово-лишайниковым растительным покровом и хвойно-лиственным опадом (Ао). Нижележащий горизонт - лесная подстилка (О) образован рыхлым маломощным буро-коричневым горизонтом неоднородного органического материала (степень разложения органических остатков не превышает 50 %), переплетенным корнями растений, граница перехода в нижележащий горизонт волнистая, переход резкий по окраске и плотности. Подзолистый горизонт (Е) - белесый со светло-буроватым оттенком часто с редкими мелкими охристыми и ржавыми включениями (гидро)оксидов железа, супесчаный бесструктурный (рыхлый) граница крупно-языковатая, переход резкий по окраске. Иллювиальный горизонт (BF) [1] в почвенных разрезах разделен на слои. В слоях BF, BF<sub>1</sub>, BF<sub>2</sub> граница с нижележащим слоем волнистая, переход заметный по окраске и плотности, в слоях BF<sub>3</sub> BF<sub>4</sub> BF<sub>5</sub> BF<sub>6</sub> - переход границы по плотности.

Слой BF в разрезах – П-1, П-2, П-4, П-6, П-7, П-8 охристо-буроватой окраски супесчаный с коричневато-ржавыми плотными железистыми конкреционными новообразованиями (линзами), марганцевыми потеками, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, граница волнистая, переход постепенный по окраске; в разрезе П-6 – бурый с желтыми пятнами, легкосуглинистый. Слой BF<sub>n</sub> в разрезах П-5, П-9 и П-10 иллювиально-железистый конкреционный охристо-буроватой окраски с коричневато-ржавыми плотными железистыми конкреционными новообразованиями (линзами) (в разрезе П-10 ржавые прослои) супесчаный, песчаный, среднесуглинистый бесструктурный, рыхлый, граница волнистая, переход постепенный по окраске и плотности; в разрезе П-10 – в нижней части слоя светло-серый изогнутый морфон.

Слой BF<sub>1</sub> в разрезах - П-1, П-2, П-5, П-7, П-8, П-9 и П-10 бурый со светлым и темным оттенком серого и коричневого цвета бесструктурный, уплотненный, песчаный (П-1, П-2), супесчаный (П-5, П-7, П-8), среднесуглинистый (П-9) и неоднородный (П-10). В разрезе П-1 выявлены морфон бурой окраски, большое количество ржавых железистых конкреций и крупные ржавые вертикальные прослои, в разрезе П-5 – включения окатанных и не окатанных обломков горной породы диаметром 1-2 см и меньше, в разрезе П-9 – крупные обломки доломита. Признаки глеевого процесса проявлены в слое BF<sub>1g</sub> (П-4 и П-6). Слой в разрезе П-4 - буровато-охристой окраски с

оливковым оттенком супесчаный, бесструктурный, уплотненный, в разрезе П-6 - светло-бурой окраски с насыщенно оливковым оттенком, наличием горизонтальных коричнево-розовых и охристо-желтых прослоек, гранулометрический состав которых легкосуглинистый. Слой глинистый, самый плотный относительно других слоев, структура неясно плитчатая, призмовидная.

Слой ВF<sub>2</sub> в разрезах - П-1, П-5, П-7, П-8, П-9 и П-10 светло-бурый, бурый, буро-коричневый бесструктурный (в разрезе П-9 – структура неясно комковатая), уплотненный. В разрезе П-1 - со значительным количеством ржаво-коричневых конкреций, вертикальных железистых прослоев, в разрезе П-7 - железисто-марганцевые потеки, песчаный (П-1, П-5, П-8), супесчаный (П-7), тяжелосуглинистый (П-9). В разрезе П-10 слой разнородный по гранулометрическому составу, мокрый - изливаются накопившиеся атмосферные осадки, выступает водоупором. В слое ВF<sub>2g</sub> (П-4 и П-6). В разрезе П-4 светло-оливковый с красновато-бурыми пятнами, небольшими охристыми примазками, среднесуглинистый не ясной структуры (в агрегаты инкрустированы обломки горной породы), увлажненный. В разрезе П-6 – слой оливковый с палевым оттенком среднесуглинистый, местами глинистый, плитчато-призматический, плотный.

Слой ВF<sub>3</sub> выделен в разрезах П-5, П-7, П-8 и П-9. В разрезе П-5 - светло-бурый песчаный мелкозернистый рыхлый; в П-7 - бурый с коричневым оттенком среднесуглинистый мелкопризмовидный, плотный, в разрезе П-8 – супесчаный бурый с красным оттенком мелкослоистый с заметными широкими вертикальными белесыми потеками аморфного кремнезема, в разрезе П-9 - буровато-коричневый, среднесуглинистый с прослоями крупно- и мелкозернистого песка, с обломками горной породы. Оглеённый слой ВF<sub>3g</sub> в разрезе П-6 - оливковый образован средним суглинком со светлыми прослойками рыхлый.

В разрезе П-7 выделены слои ВF<sub>4</sub>, ВF<sub>5</sub> и ВF<sub>6</sub>. Слой ВF<sub>4</sub> и ВF<sub>5</sub> - буровато-коричневый тяжелосуглинистый призмовидный, плотный, влажный; в слое ВF<sub>5</sub> прослеживается мелкая слоистость. Слой ВF<sub>6</sub> палевый с бурым оттенком без ясной структуры, плотный. Оглеённый слой ВF<sub>4g</sub> в разрезе П-6 - оливковый с палевым оттенком, среднесуглинистый, местами глинистый, плотный.

В аллювиальной почве П-3-18 под мохово-злаковой подстилкой с хвойным и листовным опадом залегает оторфяниная лесная подстилка (ОТ) и толща folic, в которой выделено шесть обильно увлажненных слоев (G<sub>1</sub>-G<sub>6</sub>). Дно почвенного разреза затопливают грунтовые воды.

Лесная подстилка представлена горизонтом буро-коричневого цвета неоднородного органического материала; степень разложения органических остатков не превышает 50%. Горизонт рыхлый переплетен корнями растений; встречаются крупные корни древесной растительности. При увеличении виден белый мицелий, множество минеральных зерен различного размера и конфигурации, большинство не окатанные с острыми гранями. С нижележащим горизонтом связан непрочно - граница волнистая, переход резкий по окраске и плотности материала. Слой G<sub>1</sub> бурый среднесуглинистый рыхлый со слабо выраженной структурой (неясно комковатая), с высокой степенью проникновения корней; слой G<sub>2</sub> - бурый среднесуглинистый с железисто-марганцевыми вкраплениями, уплотненный, структура неясно плитчатая; слой G<sub>3</sub> - бурый супесчаный, уплотненный, бесструктурный; слой G<sub>4</sub> - бурый с оливковым оттенком супесчаный, бесструктурный, уплотненный; слой G<sub>5</sub> - бурый с охристым и оливковым оттенком (мраморная окраска) среднесуглинистый структура неясно плитчатая, уплотнен, слой G<sub>6</sub> бурый глинистый.

Переходный горизонт к почвообразующей породе (BC) описан в подзолистой иллювиально-железистой почве в разрезах – П-1, П-2, П-4, П-5, П-7, П-8, и П-9; в разрезе - П-6 и П-10 он с признаками оглеения (BCg).

В разрезе П-1 переходный горизонт белесовато-палевый во влажном состоянии песчаный, рыхлый, бесструктурный. Разрез П-2 - светло-бурый с оливковым и

соломенным оттенком с охристыми вкраплениями среднесуглинистый, местами тяжелосуглинистый, с небольшим количеством марганцево-железистых конкреций и прослоев, свидетельствующих о перераспределении оксидов железа в условиях периодического переувлажнения, с включениями обломков доломита, уплотнен. Разрезе П-4 - белесовато-палевый супесчаный с включениями обломков горных пород в агрегаты. В разрезе П-5 – пестро-окрашенный крупнозернистый песок. В разрезе П-7 - буровато-палевый неоднородный по гранулометрическому составу крупно- и мелкозернистый песок (заметны обломки выветренных горных пород). Разрез П-8 – крупнозернистый песок пестрой окраски за счет примеси окатанных частиц горной породы. Разрез П-9 буровато-палевый среднесуглинистый бесструктурный. Залегает на доломитовой литой плите. Разрез П-6 - оливковый с палевым оттенком сочетает в себе признаки вышележащий горизонтов. Разрез П-10 - буро-коричневый крупнозернистый песок.

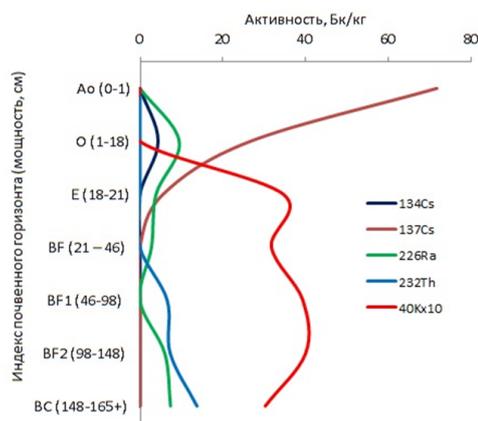
Измерение удельной активности техногенных -  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и естественных радионуклидов -  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  в пробах почвы (79 проб) проводились на гамма-спектрометре «Прогресс-гамма» [2] в лаборатории экологической радиологии ФГБУН ФИЦКИА РАН.

Особенность распределения  $^{137}\text{Cs}$  по почвенному профилю обусловлена интенсивностью глобальных атмосферных выпадений, последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, временем с момента прекращения ядерных испытаний в атмосфере, степени антропогенного воздействия на почву и т.д.

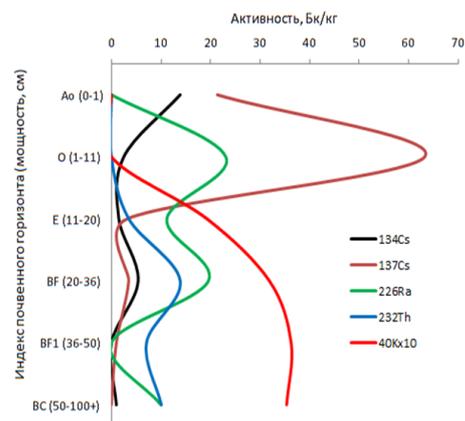
Формирование почвы происходит под влиянием комплекса биогеохимических факторов – медленные процессы разложения органического вещества, накопление органики в верхних почвенных горизонтах, высокая плотность иллювиального горизонта, способность радионуклидов перемещаться по почвенному профилю с атмосферными осадками, грунтовыми водами и по корневой системе растительности. Основные результаты лабораторных исследований заключаются в следующем (Рис. 1).

Максимальная активность  $^{137}\text{Cs}$  сосредоточена в мохово-лишайниковом растительном покрове и хвойно-лиственным опаде (от 11,4 до 71,8 Бк/кг) и в лесной подстилке (от 26,7 до 105 Бк/кг). В подзолистом и иллювиальном горизонтах происходит резкое снижение активности, достигая в почвообразующей породе предельно измеряемых величин. Характерным является появление в почвенных горизонтах короткоживущего  $^{134}\text{Cs}$  (период полураспада  $T_{1/2} = 2.062$  лет), что может говорить о его поступлении за счёт широтного атмосферного переноса после аварии на АЭС Фукусима-1.

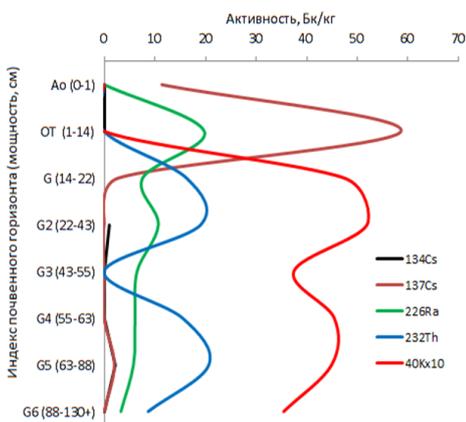
В подзолистой иллювиально-железистой почве максимальное значение удельной активности короткоживущего  $^{134}\text{Cs}$  - 13,9 Бк/кг замерено в мохово-лишайниковом покрове ( $A_0$ ),  $^{137}\text{Cs}$  – 105 Бк/кг – в лесной подстилке (О) (Рис. 1). В ряде почвенных разрезов наблюдается увеличение естественных радионуклидов с глубиной, в основном это характерно для  $^{40}\text{K}$ , где его активность изменялась от 82,6 до 652 Бк/кг. Активность  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  в почвенном профили изменяется в пределах от 2,4 до 47,2 Бк/кг и от 2,9 до 40,6 Бк/кг соответственно. Это связано с тем, что торий прочно сорбируется почвой, поэтому миграция его по почвенному профилю выражена слабо. Он осаждается в почвах в виде гидроксидов. Почвы, развитые на изверженных породах, характеризуются максимальными концентрациями тория в нижних горизонтах. Напротив, карбонатные почвы накапливают этот элемент в верхних слоях. Кларковое содержание  $^{226}\text{Ra}$  в почвах составляет  $8 \cdot 10^{-11}\%$ . Количество радиоактивных элементов, содержащихся в почве, в значительной мере определяется концентрацией изотопов в подстилающих горных породах. Больше обогащены радием суглинистые и глинистые почвы, песчаные почвы, напротив бедны этим элементом.



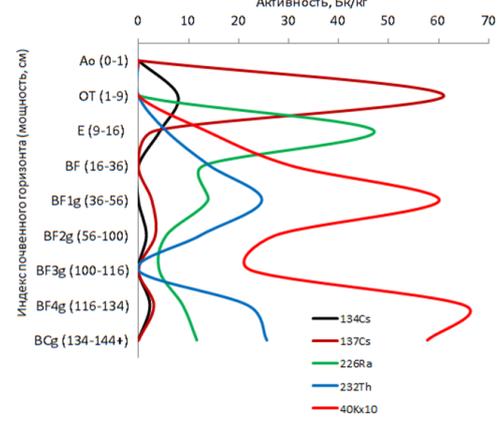
Разрез II-1 - подзол иллювиально-железистый поверхностно-элювиальный (типичный)



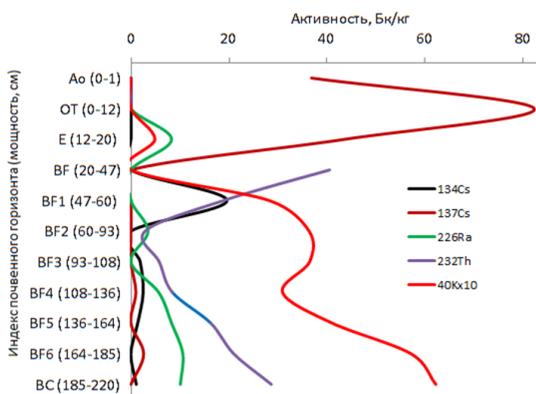
Разрез II-2 - подзол иллювиально-железистый мелкоэлювиальный (песчаный на завалуненных моренных суглинках)



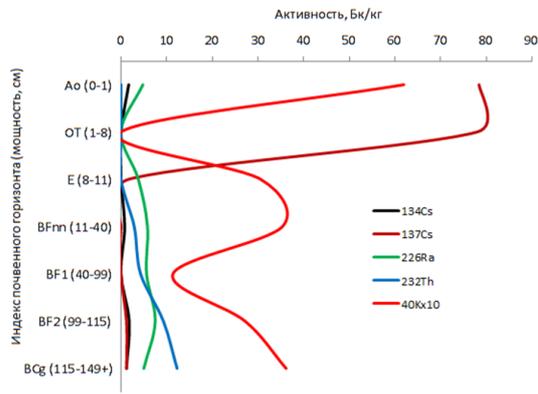
Разрез II-3 - аллювиальная почва



Разрез II-6 - подзол иллювиально-железистый песчаный на делювиальных супесчано-суглинистых слоистых отложениях



Разрез II-7 - подзол иллювиально-железистый супесчаный, подстилаемый с 90 см глиной



Разрез II-10 - подзол иллювиально-железистый языковатый супесчаный с 40 см подстилаемый слоистыми делювиальными суглинисто-песчаными отложениями

Рис. 1 – Вертикальное распределение активности радионуклидов по генетическим горизонтам наиболее представительных почв исследуемого района

Полученные значения удельной активности техногенного  $^{137}\text{Cs}$  в целом для всех исследованных почвенных разрезов показали, что его концентрация происходит в верхних органических горизонтах, свидетельствуя о слабой вертикальной миграции вниз по профилю за период накопления. Особенность распределения изотопа  $^{137}\text{Cs}$  по почвенному профилю обусловлена внешним воздействием на почву – атмосферные выпадения и условием ее формирования. Общая тенденция накопления естественных

изотопов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  в почвенных горизонтах независимо от типа почвы выражена слабо.

*Экспедиционные исследования выполнены при финансовой поддержке субсидии на выполнение темы государственного задания «Комплексные изотопно-геохимические исследования качества природной среды и идентификация процессов её трансформации на приморских территориях Европейского Севера в современности и в прошлом» (№ 0409-2019-0037 рег. номер НИОКТР АААА-А19-119011890018-3).*

*Аналитические и лабораторные исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60151 Арктика «Влияние алмазодобывающей деятельности на состояние биогеоценозов Арктической зоны РФ (на примере Европейского Севера)».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наквасина Е.Н., Серый В.С., Семенов Б.А. Полевой практикум по почвоведению. Архангельск: Арханг. Гос. техн. Ун-т, 2007. 127 с.
2. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Москва: ООО НТЦ «Амплитуда», 2016. 12 с.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*О.С. Барзут*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, [steblik@atknet.ru](mailto:steblik@atknet.ru)

Древесные растения в условиях произрастания на границах своих ареалов, особенно в высоких широтах, достаточно чутко реагируют на изменчивость абиотических факторов, главным из которых является температурный режим воздуха [2, 3, 4]. В этой связи изучение многолетней динамики радиального прироста деревьев перспективно в плане использования этих научных знаний в области дендрохронологии и дендроклиматологии. Так, годовичные слои хвойных видов, а именно сосны обыкновенной, характеризуются высокой контрастностью между ранней и поздней древесиной в годовичном приросте, поэтому наиболее пригодны для экологических исследований. Цель настоящей работы – рассмотреть изменчивость радиального прироста *Pinus silvestris* L. в связи с динамикой температуры воздуха в условиях Беломорско-Кулойского плато.

В качестве инструмента исследования использован дендрохронологический метод. Образцы (кernels) сосны обыкновенной, произрастающей в пределах бассейнов рек Шоча и Кепина, заготовлены и представлены Сурсо М.В., д. с.-х. н., главным научным сотрудником лаборатории экологии популяции и сообществ Института биогеографии и генетических ресурсов Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН, которому автор выражает искреннюю благодарность. Динамика абсолютного годовичного радиального прироста сосны обыкновенной изучена по данным ширины годовичных колец kernels растений, взятых на высоте 1,3 м. измерения проведены при помощи микроскопов-бинокляров МБС-1 и МБС-10 с точностью 0,05 мм при увеличении окуляра – х8.

Данные по температурному режиму воздуха получены на Справочно-информационном портале «Погода и климат» по данным метеостанции «Кепино» расположенной на территории Архангельской области [5]. Географические координаты метеорологической станции: 65,38<sup>0</sup> с. ш. и 41,83<sup>0</sup> в. д., высота над уровнем моря 69 м, метеорологический индекс станции – 22456.

Таким образом, рассмотрено влияние среднегодовой температуры воздуха на формирование годичного прироста сосны обыкновенной за период с 1971 по 2017 гг., причем изучено воздействие температурного режима в год формирования текущего годичного кольца и с запаздыванием на год, то есть, влияние температуры на прирост следующего года. Представленные коэффициенты корреляции (Табл. 1), отражающие синхронность хода указанных показателей, продемонстрировали между ними слабую (75 % изученных кернов) и умеренную (25 % кернов) тесноту связи при сравнении год в год и для 88% растений – слабую связь при запаздывании на один год [1].

Средние значения абсолютного годичного радиального прироста исследуемых растений распределились в диапазоне от наименьшего – 0,63±0,017 до наибольшего – 1,09±0,027 мм при вариациях диаметра стволов 23,0 – 45,7 см. Минимальное значение (0,1 мм) в два десятка раз меньше максимального (2,65 мм).

Годичный радиальный прирост изученных деревьев сосны характеризуется высокой изменчивостью, варьируя от высокого (62,5 % образцов от их общего числа) до очень высокого уровня (37,5 % образцов) с уровнем изменчивости – CV > 50 %, что, по М.Л. Дворецкому, соответствует большой (21,0% <CV ≤ 50 %) и очень большой (CV > 50 %) изменчивости [1].

Таким образом, исследования динамики годичного радиального прироста сосны обыкновенной в условиях Беломорско-Кулойского плато за указанный период не отражают определенной связи с температурой воздуха за данный период.

Таблица 1 – Показатели, характеризующие связи радиального годичного прироста сосны обыкновенной со среднегодовой температурой воздуха в условиях Беломорско-Кулойского плато за период 1971-2017 гг.

Номера деревьев	Коэффициенты корреляции и теснота связи при уровне значимости 0,05:			
	при сравнении год в год		при сравнении с запаздыванием на год	
1	0,311	Умеренная положительная	0,122	Слабая положительная
2	-0,240	Слабая отрицательная	-0,173	Слабая отрицательная
3	0,434	Умеренная положительная	0,395	Умеренная положительная
4	0,157	Слабая положительная	0,034	Слабая положительная
5	0,271	Слабая положительная	0,188	Слабая положительная
6	0,263	Слабая положительная	0,180	Слабая положительная
7	0,025	Слабая положительная	-0,067	Слабая отрицательная
8	0,243	Слабая положительная	0,091	Слабая положительная

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий Л.М. Пособие по вариационной статистике. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 104 с.
2. Битвинкас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 172 с.
3. Мазепа В.С. Пространственно-временная изменчивость радиального прироста хвойных видов деревьев в субарктических районах Евразии: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.16. Екатеринбург, 1998. 38 с.

4. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной степи: Монография / С.М. Матвеев; Воронеж. гос. лесотехн. акад. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. 272 с.
5. Справочно-информационный портал «Погода и климат». Архив погоды в Кепино [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/22456> (дата обращения: 21.04.2019).

## **ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИШАЙНИКОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

*В.В. Беляев<sup>1</sup>, К.Г. Боголицын<sup>1,2</sup>, О.С. Бровка<sup>1</sup>, И.А. Паламарчук<sup>1</sup>, Т.А. Бойцова<sup>1</sup>,  
А.А. Слобода<sup>1</sup>, Д.В. Жильцов,<sup>1</sup> М.Е. Белоусова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, dnorton.usa@gmail.com

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск.

### ***Введение***

В геоэкологии наименее изученным является вопрос о природе воздействия геологических разломов на окружающую среду. Природные геологические процессы в отличие от техногенных функционируют непрерывно, обуславливая глобальную миграцию вещества в окружающую среду, оказывая негативное воздействие на биоту. Наиболее интересными объектами для изучения являются узлы пересечения тектонических дислокаций. В региональных тектонических узлах Субарктики наблюдаются изменения площадной структуры растительного покрова. С ними также совпадают участки загрязнения почв и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев, ионизационных эффектов в атмосфере, дихотомии деревьев, величины снежного покрова, облачности, количества осадков в летний период и др. [1, 2]. Таким образом, на территории тектонического узла растения подвергаются многофакторным воздействиям, при этом возникает эффект комбинированного физико-химического воздействия (синергизм).

Удобной моделью для изучения механизма воздействия тектонической структуры на биоту являются лишайники, вследствие их сильной реакции на изменение параметров окружающей среды при незначительной собственной изменчивости, а также способности быстрого поглощения и накопления различных элементов всей поверхностью таллома. Лишайники являются важнейшим компонентом лесных биогеоценозов. Несмотря на медленный рост, лишайники могут образовывать сплошной напочвенный покров, в особенности кустистые и листоватые виды. Из-за отсутствия у них истинных корней воду и сопутствующие поллютанты лишайники впитывают всей поверхностью слоевища из воздуха и дождевых вод, не обладая механизмами освобождения от них. Поэтому лишайники являются прекрасными индикаторами состояния окружающей среды, как естественных биоценозов, так и территорий антропогенного загрязнения.

В основе первичных реакций растительной клетки на негативное воздействие лежит возникновение окислительного стресса [3]. К важнейшим ответным реакциям растений на стрессовое воздействие среды относится физиолого-биохимическая перестройка метаболических процессов в тканях растений. Известно, что изменение содержания (активности) компонентов антиоксидантной системы (АОС) наблюдается в ответ на действие неблагоприятных факторов среды, таких как засуха [4], засоление [5],

действие низкой температуры, повышение концентрации поллютантов в окружающей среде [6] и т.д. Однако работ, рассматривающих изменения АОС в биохимическом составе талломов лишайников в условиях дизъюнктивных нарушений геологических структур, практически нет.

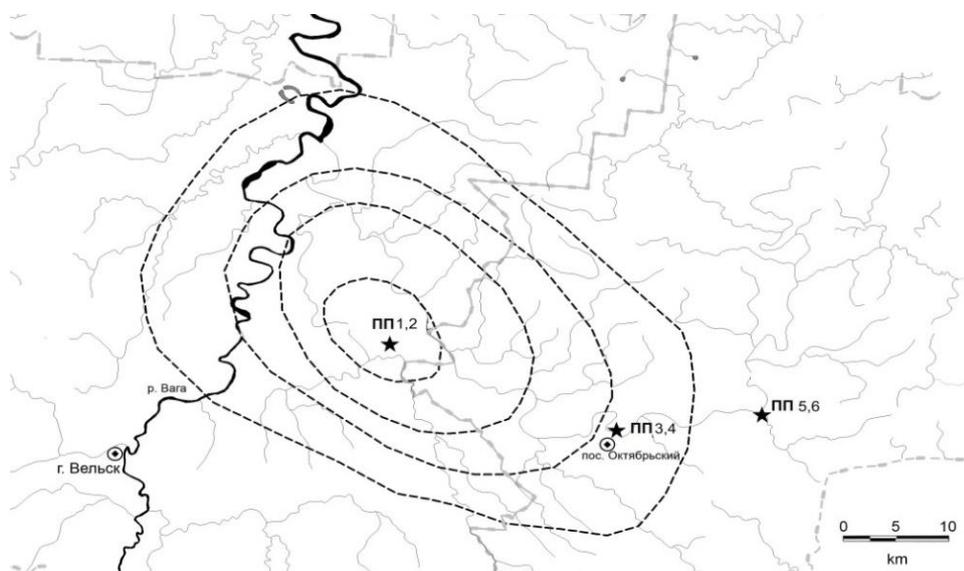
Целью данных исследований являлось изучение влияния узлов пересечения тектонических дислокаций на физиолого-биохимические показатели лишайников *Cladonia stellaris* и *Usnea subfloridana*.

#### **Материалы и методы**

Исследования проводились на шести пробных площадях (ПП), заложенных в 2014–2016 гг. в сосняках брусничных на территории Вельско-Устьянского тектонического узла (ТУ) в Архангельской области. ПП размером 30×30 м были заложены по две в каждой зоне ТУ (центр, периферия) на расстоянии до 200 м друг от друга: в центре узла (ПП 1 и ПП 2), на периферии (15 км от центра – ПП 3 и ПП 4), а также за пределами ТУ (50 км от центра, фоновая точка – ПП 5 и ПП 6) Рис. 1).

ПП подбирались максимально схожие по лесорастительным и таксационным характеристикам.

В качестве биоиндикаторов (тест-систем) при изучении механизма влияния ТУ на биоту выбраны два вида лишайников, доминирующих в районе исследования. Из эпигейных лишайников изучали вид *Cladonia stellaris*, из эпифитных – *Usnea subfloridana*. Отбор образцов лишайников производили в течение вегетационного периода (весна, лето, осень) 2017 г. на указанных выше ПП. С каждой ПП отбирали по 3–5 проб обоих видов лишайников. Всего проанализировано 160 образцов лишайников. Определение видов лишайников проводилось по стандартным методикам с использованием определителя [7].



1, 2 – ПП в центре ТУ; 3, 4 – ПП на периферии ТУ;  
5, 6 – ПП за пределами ТУ (контроль)

Рис. 1 – Карта расположения пробных площадей (ПП)

Содержание влаги в талломах лишайников определяли гравиметрическим методом, содержание минеральных веществ – гравиметрически после сухого озоления (500 °С).

Фенольные соединения (ФС) извлекали из целых талломов лишайников, используя дистиллированную воду и 96% этиловый спирт в качестве экстрагентов. Экстракцию водорастворимой фракции ФС проводили при 30 °С в течение часа при

постоянном перемешивании на шейкере (LOIP LS – 110). Экстракцию общих низкомолекулярных ФС спиртом проводили на аппарате Сокслета. Количественное содержание ФС в экстрактах определяли спектральным методом Свейна – Хиллиса с реактивом Фолина – Чокальтеу [8] на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония).

Содержание аскорбиновой кислоты (АК) в лишайниках определяли спектральным методом на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония) с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенола (краска Тильманса) согласно [9].

Все аналитические измерения были выполнены в трех повторностях. Результаты экспериментов представлены в виде средней арифметической величины и ее стандартной ошибки. Для установления статистической взаимосвязи между параметрами использовали *t* – критерий Стьюдента при доверительном уровне  $P_i = 95\%$ .

### **Результаты и обсуждение**

Проведенные исследования показали, что определяемые показатели для лишайников, произрастающих в пределах одной зоны ТУ, статистически не различаются и могут быть усреднены, однако при переходе от одной зоны к другой наблюдаются существенные отличия. Так зольность образцов лишайников *C. stellaris*, произрастающих в центре ТУ (ПП 1, 2), в 2 раза выше, чем в фоновой точке (ПП 5, 6), а на периферии узла (ПП 3, 4) – в 1.5 раза выше. Для лишайников *U. subfloridana*, произрастающих в центре ТУ, зольность в 7 раз выше, чем в фоновой точке, а на периферии узла – в 2 раза выше, что свидетельствует о значительном накоплении металлов в талломах лишайников в зоне тектонических разломов (Табл. 1). Уменьшение зольности лишайников от центра к периферии узла, вероятно, обусловлено литохимическими особенностями осадочных пород, слагающих верхнюю часть разреза ТУ, и аэрогенным переносом веществ с них в составе пылевых частиц на поверхность талломов.

Таблица 1 – Содержание минеральных веществ (зольность) и ФС в лишайниках *C. stellaris* и *U. subfloridana*

Пробные площади	Вегетационный период	Зольность, %		Содержание общих ФС, мг/г	
		<i>C. stellaris</i>	<i>U. subfloridana</i>	<i>C. stellaris</i>	<i>U. subfloridana</i>
ПП 1, 2	весна	1.22±0.03	4.74±0.27	1.03±0.08	1.30±0.09
	лето	1.31±0.01	6.99±0.45	0.81±0.06	1.94±0.14
	осень	1.12±0.01	6.82±0.22	0.67±0.05	1.15±0.08
ПП 3, 4	весна	0.89±0.02	2.32±0.11	0.71±0.05	1.02±0.07
	лето	1.09±0.01	1.85±0.05	0.57±0.04	1.37±0.10
	осень	0.75±0.02	1.73±0.04	0.48±0.03	0.71±0.05
ПП 5, 6	весна	0.58±0.01	1.09±0.10	0.60±0.04	0.79±0.06
	лето	0.56±0.02	0.97±0.05	0.52±0.03	1.19±0.08
	осень	0.54±0.01	0.88±0.03	0.53±0.04	0.44±0.03

Для установления влияния на метаболизм лишайников узлов пересечения тектонических дислокаций проведен сравнительный анализ содержания водорастворимых низкомолекулярных антиоксидантов (АК и водорастворимой фракции ФС) для лишайников, произрастающих в разных точках разлома. Поскольку содержание тяжелых металлов в талломах лишайников в направлении от фоновой точки к центру ТУ увеличивается, происходит увеличение генерации активных форм кислорода в клетках, в том числе в результате окислительно-восстановительных реакций, в ответ на эти процессы происходит увеличение содержания АК и ФС.

Известно, что АК, благодаря способности легко отдавать электроны, является ведущим неферментативным антиоксидантом с буферным механизмом действия [6]. В центре и на периферии ТУ количественное содержание АК в лишайниках значительно

выше (Рис. 2), чем в фоновой точке. Выявленная закономерность свидетельствует об активации свободно-радикального окисления при стрессе, что можно рассматривать как маркер развития неспецифической устойчивости лишайников при воздействии различных стрессоров [6].

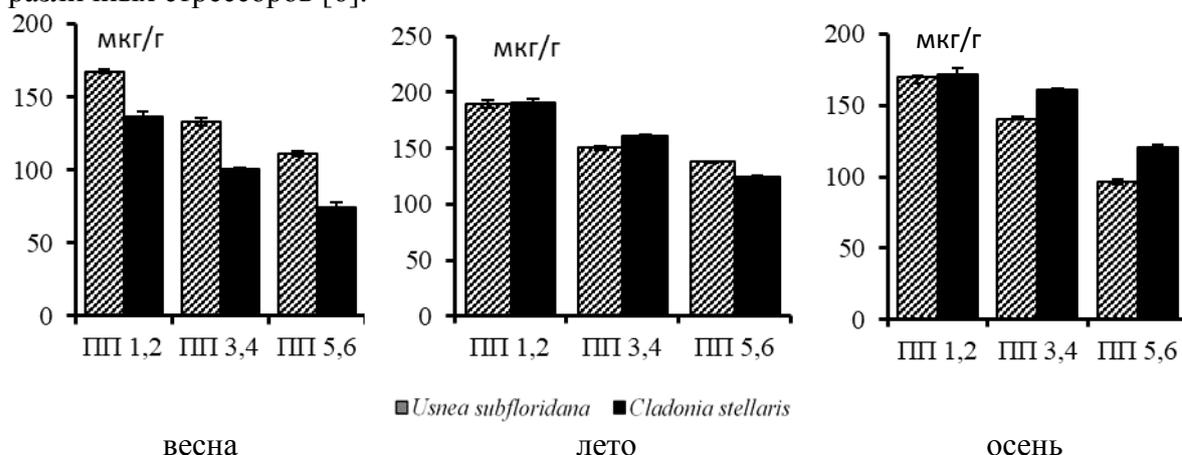


Рис. 2 – Содержание АК в лишайниках *U. subfloridana* и *C. stellaris* в различных точках разлома

ФС являются одними из наиболее распространенных вторичных метаболитов, образование которых свойственно практически всем растительным клеткам. Они принимают участие в самых разнообразных физиологических процессах, таких как фотосинтез, дыхание, формирование клеточных стенок, устойчивости растений к действию тяжелых металлов [3]. В литературе описано более 1000 характерных для лишайников ФС, так называемых «лишайниковых веществ», из которых наиболее часто встречающейся в талломах лишайников и хорошо изученной считается усниновая кислота, которая является основным вторичным метаболитом для лишайников вида *U. subfloridana* и *C. stellaris* [10].

Установлено, что содержание общих ФС в лишайниках увеличивается от фоновой точки к центру ТУ (Табл. 1), при этом относительный вклад водорастворимой фракции ФС в составе общих ФС снижается (Рис. 3), что вероятно связано с усилением окислительных и снижением восстановительных процессов у лишайников, произрастающих в локальных зонах дизъюнктивных нарушений геологических структур и является показателем их адаптивной перестройки.

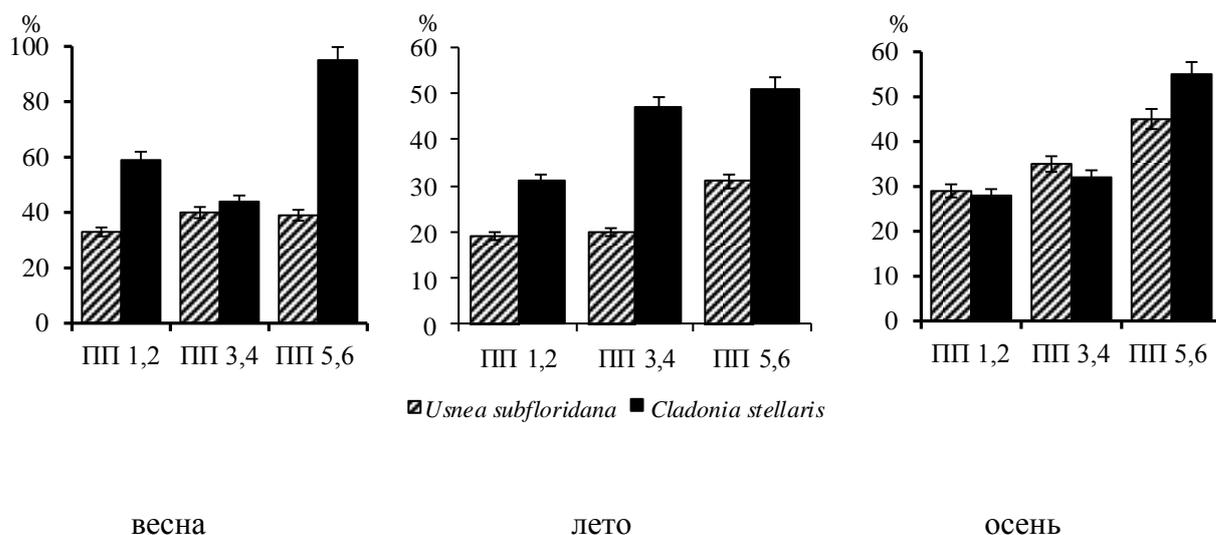


Рис. 3 – Доля водорастворимой фракции в составе ФС в лишайниках *U. subfloridana* и *C. stellaris*, произрастающих в различных точках разлома, %

### Выводы

Таким образом, результаты исследований показали, что узлы пересечения тектонических дислокаций существенно влияют на свойства таких компонентов фитоценозов, как лишайники. Увеличение зольности лишайников в направлении от периферии к центру узла может быть обусловлено литохимическими особенностями осадочных пород, слагающих верхнюю часть разреза тектонического узла и аэрогенным переносом веществ с них в составе пылевых частиц на поверхность талломов лишайников. Увеличивается количественное содержание аскорбиновой кислоты от фона к центру ТУ. В локальных точках (периферия и центр) ТУ начинают преобладать окислительные процессы, что приводит к изменению доли водорастворимой фракции в составе общих низкомолекулярных фенольных соединений.

*Исследование проведено в ходе выполнения ФНИ 2018-2020 г. «Физико-химические, генетические и морфологические основы адаптации растительных объектов в условиях изменяющегося климата высоких широт» № гос.регистрации АААА-А18-118012390231-9 с использованием ЦКП КТ РФ-Арктика (ФИЦКИА РАН).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беляев В.В., Бурлаков П.С. Влияние тектонических нарушений (дегазация, наведенные токи, вариации) севера Русской плиты на окружающую среду (на примере Архангельской области) // Вестн. КРАУНЦ. Сер.: Науки о Земле. 2009. С. 77–89
2. Гофаров М.Ю., Кутинов Ю.Г., Болотов И.Н. Ландшафты Беломорско-Кулойского плато: тектоника, подстилающие породы, рельеф и растительный покров. Екатеринбург: УрО РАН. 2006. 167 с.
3. Бровко О.С., Паламарчук И.А., Слобода А.А., Бойцова Т.А., Гагушкина А.А., Вальчук Н.А. Влияние стрессовых воздействий на компонентный состав лишайника рода *Cladonia* Евроарктического региона // Успехи современного естествознания. 2016. №8. С. 20–24.
4. Zhang J., Kirkham M.B. Drought-Stress Induced Changes in Activities of Superoxide Dismutase, Catalase, and Peroxidase in Wheat Species // Plant Cell Physiol. 1994. Vol. 35. Pp. 785–791.
5. Meloni D.A., Oliva M.A., Martinez C.A., Cambraia J. Photosynthesis and Activity of Superoxide Dismutase, Peroxidase and Glutathione Reductase in Cotton under Salt Stress // Environ. Exp. Bot. 2003. Vol. 49. Pp. 69–76.
6. Chapin F.S. Integrated responses of plants to stress. A centralized system of physiological responses // BioScience. 1991. Vol. 41. Pp. 29–37.
7. Голубкова Н.С. Определитель лишайников СССР. Вып. 5: Кладониевые – Акароспоровые. Л., 1978. 305 с.
8. Swain T., Hillis W.E. The phenolic constituents of *prunus domestica* 1. The Quantitative Analysis of Phenolic Constituents // J. Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10. N1.
9. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб., 2002. 244 с.
10. Brovko O.S., Ivakhnov A.D., Palamarchuk I.A., Boitsova T.A. Supercritical Fluid Extraction of Usnic Acid from Lichen of *Cladonia* Genus // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2017. Vol. 11. N8. Pp. 1306–1311.

#### АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК МОРСКИХ ЗЕЛЕННЫХ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ

М.О. Березина<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup>Северный отдел Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО», г. Архангельск, berezina@pinro.ru

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск.

Исследование макрофитобентоса прибрежной зоны Соловецких островов началось с описания коллекций водорослей, собранных во второй половине XIX века в ходе фаунистических экспедиций, организованных Санкт-Петербургским Обществом естествоиспытателей. Собранную коллекцию водорослей обработал и описал Х. Я. Гоби (1878 г.) [1].

Накопление основных сведений о составе соловецкой альгофлоры продолжалось почти до конца XX века. Основные флористические изыскания связаны с именами таких известных отечественных альгологов, как Е. С. Зинова, А. А., Калугина и В. Б. Возжинская. В работах этих авторов отражены данные по систематике, экологии, фитогеографии и распределению бентосных водорослей не только Соловецких островов, но и всего Белого моря [1, 2, 3, 4]. Сведения о соловецких водорослях также имеются в работах К. Л. Виноградовой, Ю. Е. Петрова [5, 6, 7, 8]. Современные данные о составе и структуре фитоценозов промысловых видов водорослей представлены в работах Т. А. Михайловой [9].

Среди северных морских водорослей группа Chlorophyta считается наиболее изученной [10]. По данным двух основных флористических сводок, выполненных А. А. Калугиной и В. Б. Возжинской, зеленые водоросли в районе Соловецких островов представлены 33 видами, большую часть списков составляют макроскопические формы [1, 2, 3]. Согласно данным А. А. Калугиной (1955-1956 гг., включая сборы Ю. Е. Петрова), в рассматриваемом районе отмечено 23 вида морских зеленых макроводорослей. В альгофлоре представлены многочисленные виды *Enteromorpha* (*E. intestinalis*, *E. prolifera*, *E. compressa*, *E. crinita*, *E. clathrata*, *E. tubulosa*), *Cladophora* (*Cl. fracta*, *Cl. sericea*, *Cl. glaucescens*, *Cl. rupestris*), *Monostroma* (*M. grevillei*, *M. fuscum*, *M. blyttii*), а также *Spongomorpha* (*S. hystrix*, *S. lanosa*, *S. arcta*), *Ulothrix* (*U. flacca*, *U. subflaccida*), *Rhizoclonium* (*R. tortuosum*, *R. hieroglyphicum*), *Chaetomorpha* (*Ch. melagonium*, *Ch. linum*) и *Percursaria percursa* [2, 3, 8].

Список зеленых макроводорослей, приведенный В. Б. Возжинской (1965-1984 гг.), существенно отличается от предыдущего по видовому составу. Из 26 видов только 11 являются общими со списком Калугиной: *E. intestinalis*, *E. prolifera*, *Cl. fracta*, *Cl. sericea*, *Cl. rupestris*, *U. flacca*, *R. tortuosum*, *Ch. melagonium*, *Ch. linum*, *P. percursa*, *M. grevillei*. Остальная часть списка составлена новыми видами: *E. ahlneriana*, *Blidingia minima*, *Cl. liniformis*, *Ch. crassa*, *Acrosiphonia centralis*, *A. sonderi*, *A. bombycina*, *Sp. aeruginosa*, *R. riparum*, *R. rigidum*, *U. implexa*, *Urospora penicilliformis*, *Capsosiphon fulvescens*, *Kornmannia leptoderma*, *Ulva lactuca* [1].

Однако, несмотря на качественное различие этих списков, видно, что в них в основном представлены разные виды одних и тех же родов зеленых макроводорослей (*Enteromorpha*, *Chaetomorpha*, *Cladophora*, *Monostroma*, *Rhizoclonium*, *Spongomorpha*). Ревизии этих таксонов, проведенные К. Л. Виноградовой [5, 6, 7] и Л. П. Перестенко [11], а также современные инвентаризационные работы по другим районам Белого моря показывают, что многие наименования являются синонимами или определены ошибочно. В беломорской флоре достоверно присутствуют существенно меньше видов указанных родов [10]. В связи с этим, возникла необходимость уточнения и составления общего списка морских зеленых макроводорослей, произрастающих в прибрежной зоне Соловецких островов.

Материалом для данной работы послужил анализ данных А. А. Калугиной, Ю. Е. Петрова и В. Б. Возжинской с использованием опубликованных ревизионных работ, а также данные СевПИПРО, собранные в 1994-1998 гг. и обработанные Т. А. Михайловой, включая собственные сборы водорослей (2001, 2002, 2005-2018 гг.). Идентификация водорослей из собственных сборов проводилась с использованием светового микроскопа LEICA при помощи определителей и работ К. Л. Виноградовой и Л. П. Перестенко [5, 6, 7, 11, 12]. При составлении видового списка руководствовались современными представлениями о систематике зеленых морских водорослей [13].

На основании анализа литературных сведений, в перечень морских зеленых макроводорослей Соловецких островов не были включены 12 видов, указания которых ошибочны или требуют изучения образцов:

1. *Rhizoclonium hieroglyphicum* – указывался ошибочно (в соответствии с имеющимися образцами в Ботаническом институте), является пресноводным видом [5].

2. *Rhizoclonium tortuosum* – не ясно, что подразумевалось под этим названием, т.к. описание вида с Соловков одновременно включает признаки *Ch. tortuosa* и *R. riparium* [5].

3. *Rhizoclonium rigidum* – Такого вида не существует. Под этим названием понимались разные виды: *R. riparium*, *R. pachydermum*, слабо разветвленные формы *Cladophora*, бурые нитчатые водоросли [5].

4. *Chaetomorpha crassa* – вид произрастает в Черном и Азовском морях [14]. Наименование вида очевидно ошибочное.

5. *Ulothrix subflaccida* – по номенклатурным заметкам G. M. Lokhorst (1978 г.), данный вид довольно трудно отличим от *U. implexa*. Некоторые авторы помещали *U. implexa* в синонимию *U. subflaccida*, в то время как другие считали *U. implexa* самостоятельным видом, третьи использовали оба названия для форм, встречающихся в местообитаниях с различной соленостью. По данным Lokhorst *U. subflaccida* широко распространен в солоноватых местообитаниях, а *U. implexa* встречается в водах с различным уровнем солености [15]. По данным Ю. Е. Петрова (1955-1956 гг.), описанный им вид *U. subflaccida*, был обнаружен на камнях в нижнем горизонте литорали, т.е. в типично морских условиях [8].

6. *Spongomorpha arcta* – в соответствии с данными ревизии Л. П. Перестенко большинство ранее описанных видов *Spongomorpha* в северных морях относятся к роду *Acrosiphonia* [11]. Также известно, что в Белом море произрастает только 1 вид – *S. aeruginosa* [10]. Что подразумевалось Калугиной А. А. под *S. arcta* – неизвестно.

7. *Spongomorpha hystrix* – в описании вида, которое приводит А. А. Калугина, толщина клеток составляла 140-250 мкм [4], что характерно для двух видов рода *Acrosiphonia* (*A. incurva*, *A. sonderi*) [11]. Единственный вид, произрастающий в Белом море (*S. aeruginosa*), имеет толщину нитей 30 мкм [10].

8. *Acrosiphonia bombycina* – это название в настоящее время рассматривается как синоним *S. aeruginosa* [13]. Что под наименованием *A. bombycina* подразумевала В. Б. Возжинская – также неизвестно.

9. *Enteromorpha compressa* – ревизия образца, собранного А. А. Калугиной, идентифицирован К. Л. Виноградовой – как *E. prolifera*. Последний автор отмечает также, что *E. compressa* встречается в качестве синонима у многих современных видов рода *Enteromorpha* [7].

10. *Enteromorpha crinita* – под этим наименованием понимались разные виды *Enteromorpha* [7]. Неизвестно, что под этим видом понимала А. А. Калугина.

11. *Enteromorpha clathrata* – указание на произрастание этого вида в Белом море, скорее всего, является результатом ошибочного определения [10]. Вид произрастает в Черном и дальневосточных морях России [7].

12. *Enteromorpha tubulosa* – под этим наименованием понимались разные виды *Enteromorpha* [7]. Неизвестно, что под этим видом понимала А. А. Калугина.

С учетом проведенного анализа литературных данных и данных наших сборов составлен список, который включает 28 видов зеленых макроводорослей (Табл. 1).

Таблица 1 – Аннотированный список морских зеленых макроводорослей Соловецких островов

1	2	3	4	5	6	7
Вид водоросли	Коллекторы	Зона произрастания	Глубина, м	Субстрат		Встречаемость
				Грунт	Водоросли	
Порядок Siphonocladales						
Семейство Cladophoraceae						
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kütz.	АК; ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	0-10,0	+	+	часто
<i>Cladophora sericea</i> (Huds.) Kütz.	АК; (как <i>Cl. fracta</i> , <i>Cl. glaucens</i> ); ВВ (как <i>Cl. liniformis</i> ); ТМ; собств.	л, сб.	0-2,5	+	+	массово
<i>Rhizoclonium implexum</i> (Dillw.) Kutz.	собств.	л		+		редко
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harv.	ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	1-4,0 (8,0)			часто
<i>Chaetomorpha melagonium</i> (Web. et Mohr.) Kutz.	АК (как <i>Ch. linum</i> ) ВВ; ТМ; собств.	сб.	1-10,0	+	+	часто
<i>Chaetomorpha tortuosa</i> (Dillw.) Kleen.	ТМ; собств.	л, сб.	0-7,0	+		часто
Порядок Ulothrichales						
Семейство Ulothrichaceae						
<i>Ulothrix implexa</i> (Kutz.) Kutz	ЮП (как <i>U. subflaccida</i> ?); ВВ; собств.	л, сб.	7,0	+		редко
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret [= <i>Ulothrix pseudoflaccida</i> Wille]	ЮП; ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	2,0	+		редко
Порядок Acrosiphoniales						
Семейство Acrosiphoniaceae						
<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth.) Aresch.	ВВ; ТМ	л		+		редко
<i>Urospora</i> sp.	собств.	штормовой выброс			+	единичная находка
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) Gain	ТМ; собств.	л, сб.	1,0-10,0	+		часто
<i>Acrosiphonia centralis</i> (Lyngb.)	ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	2,0-3,5	+	+	часто

1	2	3	4	5	6	7
Вид водоросли	Коллекторы	Зона произрастания	Глубина, м	Субстрат		Встречаемость
				Грунт	Водоросли	
Kjellm.						
<i>Acrosiphonia flagellata</i> Kjellman	ТМ; собств.	л, сб.	0,5-7,0	+		часто
<i>Acrosiphonia incurva</i> Kjellman	ТМ; собств.	л, сб.	0,5-7,0	+		часто
<i>Acrosiphonia sonderi</i> (Kützing) Kornmann	ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	1,0-2,5	+	+	часто
<i>Spongomorpha aeruginosa</i> L. Hoek	АК (как <i>S. lanosa</i> ); ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	0,4-7,0 (13,0)	+	+	часто
Порядок Ulvales						
Семейство Monostromaceae						
<i>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock	АК; ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	0,4-2,0	+	+	часто
<i>Kornmannia leptoderma</i> (Kjellm.) Blid.	ВВ; собств.	л			+	редко
<i>Blidingia minima</i> (Nag. ex Kutz.) Kylin	ВВ; ТМ; собств.	л		+		часто
Семейство Gayraliaceae						
<i>Protomonostroma undulatum</i> (Wittr.) Vinogr.	ТМ	л		+	+	редко
1	2	3	4	5	6	7
Семейство Capsosiphonaceae						
<i>Capsosiphon fulvescens</i> (C. Agardh) Setchell & N.L. Gardner	ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	0,4	+		редко
Семейство Ulvaceae						
<i>Percursaria percursa</i> (Ag) Bory	АК; ВВ; собств.	л, сб.	1,0-4,0	+		редко
<i>Ulva lactuca</i> L.	ВВ; ТМ; собств.	сб.	0-2,0	+		редко
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus [=Enteromorpha intestinalis (L.) Link.]	АК; ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	1,0-2,0	+		часто
<i>Ulva prolifera</i> O. F. Müll. [=Enteromorpha prolifera (O. F. Müll.) J. Agardh ]	АК; ВВ; ТМ; собств.	л, сб.	0-7,0 (13,0)	+	+	массово
<i>Ulva linza</i> Linnaeus [=Enteromorpha ahlniana Blid]	ВВ	Нет данных				

1	2	3	4	5	6	7
Вид водоросли	Коллекторы	Зона произрастания	Глубина, м	Субстрат		Встречаемость
				Грунт	Водоросли	
<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen [= <i>Enteromorpha flexuosa</i> (Wulf. Ex Roth) J. Agardh	собств.	л		+		редко
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützing) P. Gayral ex C. Bliding	АК (как <i>M. fuscum</i> <i>M. blyttii</i> ), ТМ; собств.	л, сб.	0,2-4,0 (13,0)	+	+	часто

Примечание: АК – А. А. Калугина; ВВ – В. Б. Возжинская; ТМ – Т. А. Михайлова;  
собств. – сборы автора;  
ЮП. – Ю. Е. Петров; л – литораль; сб. – сублитораль

Анализ таблицы показывает, что современные находки подтверждают наличие практически всех валидных видов зеленых макроводорослей, обнаруженных Калугиной, Возжинской и Петровым в 50-80-х гг. Необходимо особо отметить подтверждение данных В. Б. Возжинской об обитании в районе Соловецких островов редкого вида – *Kornmannia leptoderma*, занесенного в Красную Книгу РФ. Эта информация будет использована для составления раздела редких видов морских водорослей при переиздании Красной Книги Архангельской области. Общий список флоры Соловецких островов пополнился 3 новыми видами зеленых макроводорослей (*Rhizoclonium implexum*, *Urospora* sp., *Ulva flexuosa*), которые ранее не указывались в литературных источниках. Один вид – *Urospora* sp. впервые отмечен в Белом море. Полученные результаты свидетельствуют о том, что флора морских зеленых макроводорослей Соловецких островов еще более разнообразная, чем представлялось ранее. Полагаем, что дальнейшие исследования позволят получить дополнительные сведения о морских макроводорослях отдела Chlorophyta, обитающих в районе Соловецких островов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возжинская В. Б. Видовой состав, распределение и фитогеографическая характеристика донной флоры Белого моря // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука, 1980. С. 29-62.
2. Калугина А. А. Состав и распределение водорослей у берегов Соловецкого архипелага. // Ботанический журнал. М-Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1958. Т. 43, вып. 2. С. 270-277.
3. Калугина А. А. К вопросу о некоторых особенностях беломорской флоры // Труды Всесоюз. совещ. работников водорослев. промышл. СССР. Архангельск: Архангельское книжное издательство, 1962. Т. 1. С. 94-112.
4. Калугина А. А. Новые водоросли для Белого моря // Ботанические материалы отдела споровых растений. М-Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1959. Т. XII. С. 149-153.
5. Виноградова К. Л. Роды *Chaetomorpha* Kütz. и *Rhizoclonium* Kütz. (Siphonocladales) в северных морях СССР // Новости систематики низших растений. 1986. Т.23. С. 13-25.
6. Виноградова К. Л. Род *Cladophora* Kütz. в северных морях СССР // Новости систематики низших растений. 1988. Т. 25. С. 31-38.
7. Виноградова К. Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. Л.: Наука, 1974. 168 с.

8. Петров Ю. Е. Новые для Белого моря виды зеленых и красных водорослей // Новости систематики низших растений. 1967. С. 106-107.
9. Михайлова Т.А. Стадии формирования сообществ ламинариевых на внесенном субстрате (Белое море) // Ботанический журнал. 2006. № 12. С. 1816-1834.
10. Михайлова Т. А. Морские зеленые макроводоросли, обитающие в районе Беломорской биологической станции МГУ (пролив Великая Салма, Кандалакшский залив, Белое море). <http://www.wsbs-msu.ru/dict/view.php?ID=179>
11. Перестенко Л. П. Род *Acrosiphonia* J. Ag. На Мурманском побережье (Баренцево море) // Новости систематики низших растений. 1965. С. 50-64.
12. Виноградова К. Л. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли. Л.: Наука, 1979. 147 с.
13. Guiry M. D., Guiry G. M. 2016. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
14. Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. АН СССР. Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. М-Л.: Наука, 1967. 398 с.
15. Lokhorst G.M. Taxonomic studies on the marine and brackish-water species of *Ulothrix* (Ulotricales, Chlorophyceae) in western Europe. *Blumea*, 1978. Vol. 24. P. 191-299.

## ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОАСПЕКТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО СНИМКАМ С БПЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

*И.С. Васендина, А.Т. Гурьев, А.С. Шошин*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, [kemya@mail.ru](mailto:kemya@mail.ru), [atg1@rambler.ru](mailto:atg1@rambler.ru), [ashoshin@gmail.com](mailto:ashoshin@gmail.com)

Системной проблемой, затрудняющей эффективный экологический мониторинг, является отсутствие достоверной информации необходимого качества об объектах экосистем. Особенно значимым это становится при исследовании экосистем северных территорий, что обусловлено влиянием сложных природно-климатических условий, и соответствует направлению стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в пункте укрепления позиции России в области экономического, научного освоения Арктики.

Вследствие труднодоступности и большой площади территории северных экосистем основным источником информации служат пространственные данные в виде снимков высокого и среднего разрешения. В последнее время часто используются снимки с беспилотных летательных аппаратов.

Получение информации о природных объектах в результате дешифрирования снимков широко распространено. Составляемое описание в процессе автоматизированного распознавания использует специализированную терминологию и определяет только части формы областей на снимках, что недостаточно наглядно для пользователя и не применяется для дальнейшего использования. Требуется участие специалиста для преобразования полученных результатов в вид, пригодный для последующей обработки и использования при решении задач экологического мониторинга.

Выявленные проблемы и трудности, связанные с особенностями мониторинга экосистем северных территорий и подходов к распознаванию образов на высокодетальных изображениях, определили актуальность исследования и значимость

автоматизированного получения многоаспектной информации об объектах северных экосистем в терминах предметной области.

В рамках исследования [1] установлены взаимосвязи структурного распределения растительного покрова, определяющие отношения между свойствами объектов растительного покрова, характеристиками высокодетальных аэрофотоснимков территорий для разных уровней иерархии. На основании установленных взаимосвязей разработана и формально описана иерархическая структурная модель растительного покрова северных экосистем, целостно представляющая знания о растительном покрове территории, позволяющая учитывать аддитивный и синергетический характер свойств объектов и отношений между ними с помощью аппарата теории полихроматических множеств и графов.

Была разработана методика автоматизации многоаспектного тематического дешифрирования снимков с БПЛА для получения комплексного описания состояния растительного покрова северных территорий. Данная методика основана на предложенной иерархической структурной модели растительного покрова северных экосистем. Исходной информацией служит информация, полученная от экспертов предметной области, справочных источников, нормативных документов. Структура методики представляет собой набор процедур, правил их выполнения и способов представления входной и выходной информации.

Описание методики можно представить совокупностью следующих этапов:

1. Формирование понятийных структур растительного покрова и аэрофотоснимков.
2. Подготовка аэрофотоснимков.
3. Формирование структуры действий в процессе обработки информации об объектах северных экосистем и правил их выполнения с описанием входной и выходной информации.

На первом этапе производится формализованное описание предметных категорий растительного покрова северных экосистем, формализованное описание предметных категорий аэрофотоснимка.

На втором этапе производится подготовка набора аэрофотоснимков для получения информации о растительном покрове северных экосистем на всех уровнях иерархии, в соответствии с разработанной моделью, с целью обеспечения качественной подготовки информации для мониторинга наземных экосистем северных территорий. При этом устанавливается соответствие уровней семантического представления уровням синтаксического представления путем подбора параметров съёмки территории для получения снимков с определенным масштабом для интерпретации на изображении объектов растительного покрова определенного уровня иерархии. После получения снимков производится обработка изображений и телеметрии (метаданных снимка). Вычисленное в результате значение разрешения используется для определения значений некоторых свойств объектов северной экосистемы.

На третьем этапе производится формирование структуры действий в процессе обработки информации об объектах северных экосистем и правил их выполнения с описанием входной и выходной информации. При обработке набора снимков разного масштаба необходимо весь поток изображений структурировать путем разделения на уровни, соответствующие уровням концептуальной модели растительного покрова. Последовательность выполнения процедур на всех уровнях иерархии в процессе обработки информации об объектах северных экосистем представлена на рис. 1.

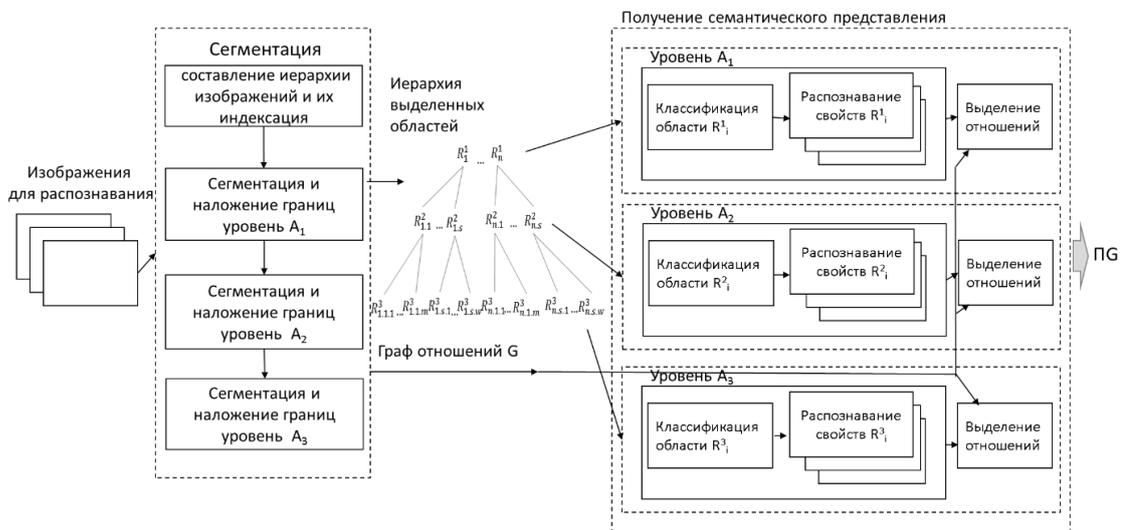


Рис. 1 – Последовательность процедур в процессе обработки информации об объектах северных экосистем

Все выделенные процедуры могут быть представлены в виде структуры предметных зависимостей процесса обработки информации об объектах северных экосистем. Особенностью этой структуры является возможность описания сложного процесса дешифрирования изображения путем декомпозиции действий до элементарных действий.

Первым действием выполняется действие сегментации организовано в виде процедуры со стандартными методами сегментации путем анализа перепадов яркостей. Сегментация проводится последовательно для всех уровней изображений сверху вниз, результатом которой является иерархия выделенных областей.

Наибольший интерес с точки зрения тематической обработки аэрофотоснимка представляют действия классификации, отображения свойств и выделения отношений, осуществляющие отображение в семантическое представление. Совокупности этих действий выполняются с верхнего уровня иерархии до самого нижнего последовательно и могут рассматриваться независимо на каждом уровне. Распознавание разных свойств объектов осуществляется при помощи специализированных процедур разных типов: нейронных сетей, правил вывода, вычислений и др.

Оценка общей точности распознавания свойств объектов проводилась для свойств, распознаваемых блоками с нейронными сетями, и составила в среднем 81,2%. Свойства, интерпретируемые типами блоков, основанных на правилах вывода, вычислительных алгоритмов, находятся в зависимости от распознаваемых свойств с помощью нейронных сетей, а значит точность их дешифрирования соответствует точности распознавания влияющих свойств и достоверности экспертных знаний, заложенных в логику выполнения алгоритма. Значения свойств, определяемые как наследуемые и искусственно введенные, определяются достоверно или зависят от точности дешифрации объектов более высокого уровня иерархии. По совокупности оценки точности интерпретации аэрофотоснимков растительного покрова северных экосистем можно говорить о высокой (> 81%) степени достоверности результатов.

Благодаря блочной структуре действий разработанная методика автоматизации многоаспектного тематического дешифрирования снимков с БПЛА для получения комплексного описания состояния растительного покрова северных территорий обладает высокой гибкостью и структура модели процесса дешифрирования легко может быть изменена при увеличении знаний о предметной области.

Благодаря многоуровневому разделению входной информации при интерпретации получается полное по составу, структуре и разнообразию описание

объектов растительного покрова северных экосистем, причем достоверность распознавания увеличивается благодаря контролю при разномасштабном рассмотрении объектов.

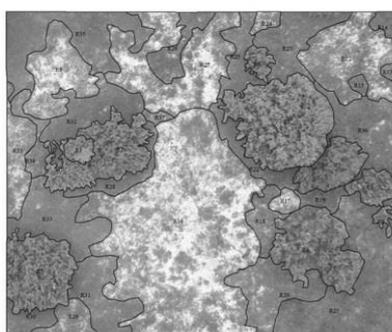
Разработанная методика обработки снимков с БПЛА северных территорий позволяет получать описание объектов растительного покрова северных экосистем на всех иерархических уровнях с достаточной точностью благодаря поуровневой обработке информации и использованию специализированных блоков.

Разработка данной методики позволила перейти к созданию программного модуля обработки информации об объектах северных экосистем для повышения эффективности мониторинга наземных экосистем северных территорий.

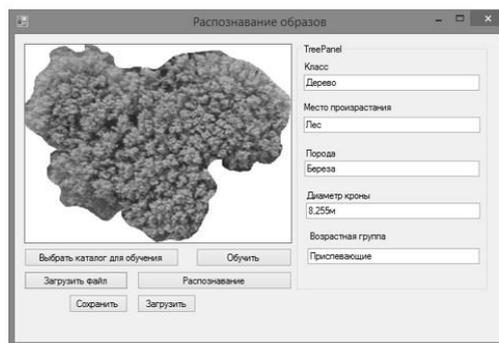
Результатом работы программного модуля является заполнение базы данных объектов растительного покрова северных экосистем. Основными функциональными характеристиками модуля являются: интерпретация областей объектов и запись их формализованного концептуального описания в базу данных объектов растительного покрова северных экосистем, возможность распознавания и отображения характеристик одной распознанной области в графическом окне модуля (рис. 2)

Разработанный программный модуль имеет высокую степень достоверности получаемых результатов (>81%) и может быть применен в составе информационных систем мониторинга экосистем Крайнего Севера.

Отличительной характеристикой программного модуля обработки информации об объектах северных экосистем является получение результата с разветвленной структурой, описывающей не только класс объекта, но и его свойства. Значения свойств объектов определяются в соответствии с методом обработки информации об объектах северных экосистем и концептуальной иерархической моделью растительного покрова, что позволяет повысить качество получаемой информации для повышения эффективности мониторинга северных экосистем.



а



б

Малый площадной объект				
Id	№обл.области	Место произрастания	Рос.	Общая площадь
1	R10	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	2,58
2	R12	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	4,18
3	R13	тундровая пу.		
4	R14	тундровая пу.		
5	R15	тундровая пу.		
6	R16	тундровая пу.		
7	R17	тундровая пу.		
8	R18	тундровая пу.		
9	R19	тундровая пу.		
10	R20	тундровая пу.		
11	R21	тундровая пу.		
12	R22	тундровая пу.		
13	R23	тундровая пу.		
14	R24	тундровая пу.		
15	R25	тундровая пу.		
16	R26	тундровая пу.		
17	R27	тундровая пу.		
18	R28	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	2,87
19	R29	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	2,78
20	R30	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	2,69
21	R31	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	3,69
22	R32	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	4,12
23	R33	тундровая пустошь	тр.-куст.; мож.-лиш.; группами	4,96

Деревья				
Id	№обл.области	Место произраст.	Порода	Группа возраста
1	R2	тундровая пустошь	береза	присл.
2	R1	тундровая пустошь	сосна	молод.
3	R3	тундровая пустошь	береза	присл.
4	R4	тундровая пустошь	береза	присл.
5	R5	тундровая пустошь	береза	средн.
6	R6	тундровая пустошь	береза	молод.
7	R7	тундровая пустошь	береза	присл.
8	R8	тундровая пустошь	береза	средн.

Кустарнички		
id	Id_МалПлощОбъект	вид
1	1	1 кладония
2	1	1 вороника
3	1	1 арктоус альпийский
4	2	2 кладония
5	2	2 арктоус альпийский
6	2	2 вороника
7	2	2 толочнянка
8	2	2 вереск
9	3	3 вороника
10	3	3 арктоус альпийский

в

а – выделенные объекты на изображении для распознавания; б – окно модуля с отображением характеристик одной распознанной области; в – пример заполнения базы данных объектов северной экосистемы в результате их распознавания

Рис.2 – Пример работы программного модуля обработки информации об объектах северных экосистем

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васендина, И.С. Структурные исследования природных ландшафтов Соловецких островов [Текст] / И.С. Васендина, А.Т. Гурьев // Актуальные вопросы технических наук: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Краснодар, февраль 2017 г.). Краснодар: Новация, 2017. С. 52-55.

## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ МЕЗОСТРУКТУРЫ ЛИСТЬЕВ *BETULA NANA* L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. МУРМАНСКА

Н.В. Василевская, В.В. Стружко

Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск, n.v.vasilevskaya@gmail.com

Арктические деревья и кустарники реагируют на климатические изменения и загрязнение среды комплексом структурных и физиологических реакций. На урбанизированной территории они находятся под воздействием многих неблагоприятных факторов: газообразных токсикантов, задымленности атмосферы, пыли, оседающей на поверхности листьев и содержащей тяжелые металлы [1]. Лиственные древесные растения накапливают токсиканты в кутикуле, эпидерме, мезофилле. Поэтому актуальным является выявление анатомических изменений фотосинтезирующего аппарата, поскольку они отражают реакцию растений на техногенное загрязнение.

Исследования проведены в г. Мурманске – крупнейшем в мире городе за Полярным кругом (68°58' с. ш.; 33°05' в. д.). Климатические особенности города формируются под влиянием тёплого Северо-Атлантического течения Баренцева моря. Среднегодовая температура воздуха +1.1° С, средняя температура зимы – 7.2 °С, лета + 11.1°С [2]. Полярная ночь начинается 29 ноября (44 дня), полярный день – с 22 мая по 22 июля (62 дня). Продолжительность вегетационного периода 120 – 130 дней. Источниками загрязнения атмосферы являются Мурманская ТЭЦ, Мурманский морской торговый порт, завод по термической обработке твердых бытовых отходов, автотранспорт. Экологическая ситуация в последние годы ухудшается. С 2010 г. более чем в 2 раза увеличились выбросы неорганической пыли. В 2017 г. отмечено увеличение суммарного показателя загрязнения почвы г. Мурманска (К почва) который составил 5.84, что в 2.7 раза выше, чем в 2015 - 2016 гг. [3].

В качестве объекта биомониторинга изучалась *Betula nana* L. – береза карликовая, типичный гипоарктический вид, ареал которого охватывает арктические и субарктические области Евразии и Северной Америки. Карликовая береза - приподнимающийся или стелющийся ветвистый низкорослый кустарник. Растет на болотах, в тундрах, сырых и заболоченных лесах северо-таежной подзоны. Листья *B. nana* отличаются от остальных видов берез как формой, так и карликовыми размерами: округлые, кожистые, глянцеватые. Анатомические исследования листьев *Betula nana* в отечественной литературе единичны [4,5]. В Мурманской области изучалось влияние техногенного загрязнения на мезоструктуру листьев *B. czerepanovii* в окрестностях медно-никелевого комбината «Североникель» [6,7]. Цель исследования: изучение влияния техногенного загрязнения г. Мурманска на состояние мезофилла в онтогенезе листьев *Betula nana*.

В июне 2018 г. в г. Мурманск с севера на юг заложено 4 пробных площадки, на которых произрастает *B. nana*, различающиеся высотой над уровнем моря, микроклиматическими условиями и уровнем загрязнения среды. ПП<sub>1</sub> – склон сопки на ул. Лобова, ПП<sub>2</sub> – окрестности Семеновского озера, ПП<sub>3</sub> – окрестности озера Среднего,

ПП<sub>4</sub> – ул. Героев Рыбачьего. Контрольная площадка находится на 35 км Серебрянского шоссе, в северном направлении от города. Все экспериментальные площадки расположены в районах с повышенной техногенной нагрузкой. ПП<sub>1</sub> (ул. Лобова) – в 400 м от 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка», рядом находится база РТП «Атомфлот», где осуществляется перезагрузка и временное хранение жидких и твердых радиоактивных отходов. ПП<sub>2</sub> (Семеновское озеро) – в 953 м от Мурманского морского торгового порта, на территории которого происходит дробление и перевалка угля открытым способом. ПП<sub>3</sub> (Среднее озеро) расположена в 373 м от одного из наиболее экологически опасных объектов г. Мурманска – завода по термической обработке твердых бытовых отходов (ТО ТБО). ПП<sub>4</sub> (ул. Героев Рыбачьего) находится рядом с автомобильной дорогой и гаражным кооперативом. На всех экспериментальных площадках в сентябре 2018 г. собраны пробы почв для анализа на содержание тяжелых металлов. Определение валового содержания тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Pb, V) выполнено в Центре лабораторного анализа и технических измерений г. Мурманска на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-915М, 2011 для низких концентраций и атомно-абсорбционном спектрофотометре ContrAA 300 для высоких концентраций тяжелых металлов. ПДК химических веществ в почве определялось на основе нормативов ГН 2.17.2041 - 06. 2.1.7. от 19.01 2006. На каждой экспериментальной площадке в мае 2018 г. отмаркировано по 10 кустарников *V. nana*. Для проведения анатомических исследований в конце июня и июля 2018 года с брахибластов *V. nana* собраны листья, которые фиксировали в растворе FAA. Исследование мезофилла проводили на поперечных срезах под световым микроскопом при увеличении в 400 раз, с помощью окулярмикрометра. Изучены показатели: толщина листовой пластинки, толщина палисадного и губчатого мезофилла, длина и ширина палисадных и губчатых клеток. В каждой пробе исследовано 10 листьев (N=50). Экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики.

Химический анализ показал высокий уровень содержания меди в почвах г. Мурманска, от 18.3 (ПП<sub>4</sub>) до 91.8 мг/кг (ПП<sub>3</sub>), в контроле 23.1 мг/кг. Значительное превышение ПДК (30.6 ПДК) выявлено в окрестностях завода по термической обработке твердых бытовых отходов (ПП<sub>3</sub>) и 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (28 ПДК) (ПП<sub>1</sub>). Концентрация никеля в почвах пробных площадок изменяется от 31.6 (ПП<sub>2</sub>) до 123.3 мг/кг (ПП<sub>3</sub>), в контроле 4.2 мг/кг. Превышение ПДК выявлено на всех площадках, максимальное в окрестностях мусоросжигательного завода (30.8 ПДК) (ПП<sub>3</sub>) и 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (25.7 ПДК) (ПП<sub>1</sub>). Почвы города загрязнены цинком, его содержание варьирует от 34.1 (ПП<sub>4</sub>) до 520 мг/кг (ПП<sub>1</sub>), в контроле 22.6 мг/кг. Значительное превышение ПДК: в пробах из окрестностей 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (22.6 ПДК), мусоросжигательного завода (15.6 ПДК) и зоны воздействия Мурманского морского торгового порта (13.0 ПДК) (ПП<sub>2</sub>). Неожиданно низким оказалось валовое содержание свинца: от 3.1 (ПП<sub>4</sub>) до 38.1 мг/кг (ПП<sub>1</sub>), в контроле 0.6 мг/кг. На всех площадках концентрация Рb ниже ПДК, кроме ПП<sub>1</sub> (1.2 ПДК). Почвы Мурманска загрязнены ванадием, его содержание - от 67.3 (ПП<sub>4</sub>) до 141.6 мг/кг (ПП<sub>1</sub>), в контроле 79.1 мг/кг, все эти значения ниже ПДК. Данные химического анализа свидетельствуют о том, что наиболее загрязненными тяжелыми металлами являются почвы пробных площадок в окрестностях 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» и РТП «Атомфлот» (ПП<sub>1</sub>), а также завода по термической обработке твердых бытовых отходов г. Мурманска (ПП<sub>3</sub>). В результате анатомических исследований получено, что толщина листьев *V. nana* составляет 116.5 – 153.5 мкм в июне и 114.4 – 145.4 мкм в июле. Во всех исследуемых городских ценопопуляциях толщина листовых пластинок *V. nana* превышает контрольные значения (табл. 1, 2). При этом, максимальное утолщение листьев (на 39–32% в июне и июле соответственно) выявлено рядом с автомобильной

трассой на ул. Героев Рыбачьего (ПП<sub>4</sub>), на 12 – 16% в окрестностях ОАО «Звездочка» и РТП «Атомфлот» (ПП<sub>1</sub>), на 8 – 17% в окрестностях мусоросжигательного завода (ПП<sub>3</sub>). Утолщение листьев *B. nana* в г. Мурманске происходит за счет увеличения высоты столбчатого и губчатого мезофилла. Известно, что процесс формирования мезоструктуры листа идет синхронно с развитием его функциональной активности, при этом строение мезофилла изменяется в онтогенезе листа [8]. В конце июня толщина палисадного мезофилла *B. nana* варьирует в пределах 37.3 – 45.6 мкм по площадкам города, к концу июля она составляет 35.2 – 39.4 мкм. При этом на самой загрязненной экспериментальной площадке - в окрестностях ОАО «Звездочка» и РТП «Атомфлот» (ПП<sub>1</sub>) толщина слоя палисадного мезофилла листьев *B. nana* на 15% выше, чем в контроле в оба летних месяца, на ул. Героев Рыбачьего (ПП<sub>4</sub>) на 11 – 16%. Толщина губчатого мезофилла варьирует в образцах в диапазоне 52.3 – 75.0 мкм в июне, 52.3 – 70.5 мкм в июле. В трех ценопопуляциях *B. nana* отмечено увеличение доли губчатого мезофилла. Высота слоя губчатых клеток на ул. Героев Рыбачьего (ПП<sub>4</sub>) превышает контроль на 43–33% (в июне и июле соответственно), в окрестностях мусоросжигательного завода (ПП<sub>3</sub>) – на 11–18%, на ул. Лобова (ПП<sub>1</sub>) – на 3–15%. Таким образом, утолщение листьев *B. nana* в ценопопуляциях в окрестностях завода ТО ТБО (ПП<sub>3</sub>) и судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (ПП<sub>1</sub>) обусловлено увеличением толщины слоев столбчатого и губчатого мезофилла. На ул. Героев Рыбачьего (ПП<sub>4</sub>) – наименее загрязненной пробной площадке, увеличение толщины листа происходит преимущественно за счет губчатой паренхимы.

Таблица 1 – Анатомические показатели листьев *Betula nana* в г. Мурманск в июне 2018 г. (в мкм)

Показатель, мкм	Контроль	ПП <sub>1</sub>	ПП <sub>2</sub>	ПП <sub>3</sub>	ПП <sub>4</sub>
Толщина листовой пластинки	112.2 ± 18.1	125.8 ± 17.9	116.5 ± 26.6	121.5 ± 2.0	153.5 ± 25.6
Толщина столбчатого мезофилла	39.5 ± 11.3	45.6 ± 10.6	37.3 ± 18.9	38.4 ± 8.0	43.8 ± 8.4
Толщина губчатого мезофилла	52.5 ± 12.1	54.0 ± 13.6	52.3 ± 11.0	58.2 ± 15.3	75.0 ± 17.7
Длина столбчатой клетки	20.0 ± 3.5	19.0 ± 4.5	17.2 ± 2.6	21.2 ± 2.7	20.0 ± 4.9
Ширина столбчатой клетки	11.2 ± 2.9	11.8 ± 4.1	11.7 ± 2.3	13.2 ± 4.0	11.5 ± 3.0
Длина губчатой клетки	6.8 ± 1.3	6.8 ± 1.8	6.7 ± 1.7	6.4 ± 1.0	6.7 ± 1.8
Ширина губчатой клетки	5.4 ± 1.1	5.3 ± 0.8	5.3 ± 1.3	5.5 ± 0.97	5.2 ± 1.0

Обозначения пробных площадок: \* ПП<sub>1</sub> – ул. Лобова, ПП<sub>2</sub> – Семеновское озеро, ПП<sub>3</sub> – Среднее озеро, ПП<sub>4</sub> – ул. Героев Рыбачьего

Исследования показали, что в июле палисадные клетки листьев *B. nana* не удлиняются. Так, если в конце июня их высота варьирует в диапазоне 17.2 – 21.2 мкм,

то в конце июля 17.6 – 20.1 мкм. При этом, в первый месяц вегетации длина клеток палисадной паренхимы *B. nana* меньше контрольных значений в зоне загрязнения Мурманского морского торгового порта (ПП<sub>2</sub>) и в окрестностях ОАО «Звездочка» (ПП<sub>1</sub>), в июле их длина становится меньше контроля во всех ценопопуляциях, кроме окрестностей мусоросжигательного завода (ПП<sub>3</sub>) (табл. 1,2). Уменьшение высоты столбчатых клеток скорее всего происходит за счет их ксерофитизации и обезвоживания протопластов. Ширина палисадных клеток в июньских пробах составляет 11.5 – 13.2 мкм, в июле 11.4 – 12.6 мкм. Диаметр клеток аналогичен контролю в большинстве исследуемых ценопопуляций *B. nana*, за исключением проб листьев из окрестностей мусоросжигательного завода (ПП<sub>3</sub>), где они шире на 17 – 18%, чем в контроле, в оба месяца исследований.

Длина губчатых клеток листьев *B. nana* в июне достигает 6.4 – 6.8 мкм, в июле 6.6 – 8.9 мкм. При этом отмечается значительное увеличение длины клеток в июле (на 39%) на площадке ул. Героев Рыбачьего, где выявлено наибольшее утолщение губчатого мезофилла и листовых пластинок. Ширина губчатых клеток в июньских пробах составляет 5.2 – 5.5 мкм, в течение июля этот показатель не увеличивается 5.2 – 5.7 мкм, соответствуя показателям контроля.

Таблица 2 – Анатомические показатели листьев *Betula nana* в г. Мурманск в июле 2018 г. (в мкм)

Показатель, мкм	Контроль	ПП <sub>1</sub>	ПП <sub>2</sub>	ПП <sub>3</sub>	ПП <sub>4</sub>
Толщина листовой пластинки	110.0 ± 20.6	128.0 ± 21.3	114.4 ± 20.7	129.0 ± 25.8	144.9 ± 26.1
Толщина столбчатого мезофилла	34.1 ± 10.9	39.3 ± 12.8	35.2 ± 14.9	35.2 ± 8.4	39.4 ± 10.8
Толщина губчатого мезофилла	52.8 ± 15.2	60.7 ± 18.3	52.9 ± 10.2	62.4 ± 15.8	70.5 ± 21.4
Длина столбчатой клетки	19.3 ± 3.9	17.6 ± 5.0	18.1 ± 3.1	20.1 ± 3.8	18.7 ± 4.2
Ширина столбчатой клетки	10.7 ± 3.3	11.4 ± 3.6	11.4 ± 2.8	12.6 ± 3.9	11.6 ± 3.2
Длина губчатой клетки	6.4 ± 1.2	6.6 ± 1.5	6.9 ± 1.6	6.7 ± 1.2	8.9 ± 16.6
Ширина губчатой клетки	5.4 ± 1.1	5.3 ± 0.8	5.3 ± 1.3	5.5 ± 1.0	5.2 ± 1.0

Обозначения пробных площадок: \* ПП<sub>1</sub> – ул. Лобова, ПП<sub>2</sub> – Семеновское озеро, ПП<sub>3</sub> – Среднее озеро, ПП<sub>4</sub> – ул. Героев Рыбачьего

В результате проведенных исследований получено, что почвы г. Мурманска содержат высокие концентрации тяжелых металлов. Содержание Cu в почве экспериментальных площадок превышает ПДК в 6.1 – 30.6, Ni – в 7.9 – 30.8, Zn – в 1.5 – 22.6 раз. Анатомические исследования показали, что у *B. nana* на всех экспериментальных площадках г. Мурманска утолщены листовые пластинки по сравнению с контролем. Утолщение листа является признаком его ксероморфности и

одним из путей адаптации к условиям техногенного загрязнения среды, что позволяет увеличивать внутреннюю фотосинтетическую поверхность и способствует поддержанию оптимальной интенсивности фотосинтеза. При этом мезофилл листьев березы по-разному реагирует на уровень загрязнения тяжелыми металлами и экологические условия экотопа. В окрестностях завода ТО ТБО происходит увеличение толщины листа, столбчатого и губчатого мезофилла, а также размеров палисадных и губчатых клеток, что подтверждает результаты ранее проведенных здесь исследований анатомической структуры листьев *Vaccinium myrtillus* [9]. У данного вида было выявлено утолщение листовых пластинок, нижней и верхней эпидермы, столбчатого и губчатого мезофилла, размеров клеток. Для многих видов растений показано, что размеры клеток мезофилла тесно связаны с содержанием ядерной ДНК [8], то есть их рост генетически детерминирован. Возможно, что увеличение размеров клеток мезофилла в зоне действия завода ТО ТБО связано с мутагенным действием тяжелых металлов, а также супертоксикантов – диоксинов и фуранов. На наиболее загрязненной тяжелыми металлами площадке в окрестностях ОАО «Звездочка» (ПП<sub>1</sub>) происходит увеличение толщины листа за счет палисадной и губчатой паренхимы, но при этом размеры клеток мезофилла не превышают контрольных значений. По-видимому, утолщение происходит за счет периклинальных делений клеток мезофилла в онтогенезе листа *B. nana*. В зоне воздействия Мурманского морского торгового порта (ПП<sub>2</sub>), где отмечается высокий уровень загрязнения угольной пылью, толщина листовых пластинок увеличена незначительно, высота столбчатого и губчатого мезофилла, размеры клеток близки к контрольным значениям. На ул Героев Рыбачьего (ПП<sub>4</sub>), на наименее загрязненной площадке, выявлено максимальное утолщение листьев за счет значительного увеличения высоты губчатой паренхимы. Известно, что в небольших концентрациях тяжелые металлы могут оказывать стимулирующее влияние на ростовые процессы растений. Изменение мощности развития различных тканей листьев у видов, произрастающих в экстремальных условиях, связано с нарушением процессов роста и развития. В целом это выступает как проявление адаптивной реакции ассимиляционного структурно-функционального комплекса, обеспечивающего произрастание березы в экстремальных условиях среды [10].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. СПб: Наука, 2005. 339 с.
2. Демин В. И Основные климатические тенденции на Кольском полуострове за период инструментальных метеорологических измерений. Труды Кольского научного центра РАН. 2012. Т. 1. С. 99 – 110.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Мурманской области в 2017 г. Мурманск, 2018. 166 с.
4. Плюснина С. Н., Загирова С. В. Структура фотосинтетического аппарата *Betula nana* (*Betulaceae*) на Северном и Приполярном Урале // Ботанический журнал. 2016. № 3. С. 261 – 274.
5. Василевская Н. В., Стружко В. В. Воздействие техногенного загрязнения города Мурманска на мезоструктуру листьев *Betula nana* L // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века. Сборник Межд. научно-практ. конф. Москва. 2018. С. 137 – 145.
6. Василевская Н. В., Лукина Ю. М. Влияние техногенного загрязнения на динамику роста и мезоструктуру листа *Betula czerepanovii* Orlova (Мурманская область) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. Естественные и технические науки. 2011. № 8 (121). – С. 7–11.

7. Лукина Ю. М., Василевская Н. В. Воздействие промышленного загрязнения на строение листа *Betula czerepanovii* (*Betulaceae*) // Растительные ресурсы. 2012. Т. 48. Вып. 1. С. 51 – 58.
8. Мокроносов А. Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Колос, 1981. 196 с.
9. Яковлев А. П. Мониторинг роста и развития *Vaccinium myrtillus* L. в окрестностях завода по термической обработке твердых бытовых отходов г. Мурманска //Естественнонаучные проблемы Арктического региона. Мурманск,2007.С. 87-88.
10. Егорова Н.Н., Нафикова А.Т. Изменчивость признаков анатомического строения ассимилирующих органов березы повислой и тополя бальзамического в экстремальных лесорастительных условиях // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 5 (2). С. 165–168.

## СОДЕРЖАНИЕ СУММАРНОГО ПАРАМЕТРА АОХ В ВОДЕ ОЗЕР СВЕТЛОЕ И ТЕМНОЕ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)

*Е.А. Вахрамеева*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, vakhr-elena@yandex.ru

Первоначально предполагалось, что хлорорганические соединения (ХОС) в окружающей среде имеют антропогенное происхождение. Однако, галогенсодержащие соединения также широко распространены в природе [1]. Они синтезируются морскими и наземными растениями, бактериями, грибами, насекомыми, морскими организмами и даже млекопитающими.

Для количественной оценки хлорорганических соединений в водных средах на мировом уровне используется суммарный параметр - органически связанный хлор, выделенный адсорбцией на угле, определяемый как параметр АОХ – «адсорбируемый органически связанный хлор».

АОХ широко используются с целью определения ХОС, отличающихся по молекулярным массам и физико-химическим свойствам. Хотя этот параметр не дает информации по химической характеристике индивидуальных составляющих, он все же является значимым при мониторинге экологического состояния водных объектов.

Получены очень убедительные доказательства, что широкое распространение АОХ в незагрязненной окружающей среде вызвано прежде всего природными галогенированными гумусовыми веществами; идентифицированы первые хлорированные структурные элементы в водных фульвокислотах [2].

В лесных экосистемах хлор присутствует в почвах, воде и биосфере в виде хлорид ионов и хлорорганических соединений.

Подобные исследования на малых озерах ранее не проводились, хотя их экосистемы, обладая низкой способностью к самоочищению, наиболее уязвимы к факторам внешнего воздействия, будь то изменения климата или антропогенное воздействие.

Целью настоящих исследований было количественное определение АОХ в воде малых пресноводных меромиктических озер Светлое и Темное (Архангельская область). Подобные исследования ранее не проводились, хотя экосистемы малых озер, обладая низкой способностью к самоочищению, наиболее уязвимы к факторам внешнего воздействия, будь то изменения климата или антропогенное воздействие.

Субарктическое озеро Светлое является первым в системе озер, дающих начало реки Светлая, расположено примерно в 65 км на северо-востоке от Архангельска, в Приморском районе. Озеро Темное находится в Холмогорском районе. Оба озера относятся к бассейну Белого моря (рис.1)



Рис.1 – Карта – схема расположения изучаемых озер

По своим морфометрическим признакам озера Светлое и Темное можно отнести к малым глубоководным озерам с максимальной глубиной до 39 метров [3].

Отбор проб на определение АОХ проводили с марта 2012 по июль 2013 года в зимнюю и летнюю межень периодичностью раз в два месяца. Отбор проб производился поликарбонатным горизонтальным батометром Aquatic Research объемом 5 л.

Определение АОХ в воде проводили путем адсорбции хлорорганических соединений на активированном угле, промывки нагруженного угля от хлорид-ионов нитратом натрия, дальнейшей минерализации хлорорганических соединений в токе кислорода при 950°C и микрокулонометрического титрования образовавшихся хлорид-ионов [4].

Исследуемые озера отличаются между собой размерами, сложностью рельефа котловины, степенью открытости и стратификацией вод и условиями водообмена.

Озеро Светлое можно отнести к малым глубоководным озерам. Оно ледникового происхождения и принадлежит к редким типам пресной воды меромиктических озер. Максимальная глубина озера - 39 м; хемоклин расположен на глубине 20-24 м, а ниже гипolimнион является бескислородным в течение года, площадь зеркала составляет 0,144 км<sup>2</sup>.

Озеро Темное имеет площадь зеркала 0,094 км<sup>2</sup>, максимальная глубина озера 37 м, а средняя глубина составила 3,5 м. Хемоклин расположен на глубине 22-25 м, а ниже гипolimнион является бескислородным в зимнюю межень. Доля болот в пределах

водораздела, заметно выше для гуминового Темного, относительно Светлого (31% и 0,44%, соответственно) [3].

В табл.1 представлены данные по содержанию АОХ в озерах Светлом и Темном в зимнюю и летнюю межень.

Таблица 1 – Распределение АОХ в исследуемых озерах по сезонам

Озера	Станция	Глубина станции, м	Диапазон измерений				Среднее значение*	
			зима		лето		зима	лето
			Количество проб	min-max	Количество проб	min-max		
Светлое	С <sub>1</sub>	36,0	11	4-17	50	4-48	10	22
Темное	Т <sub>1</sub>	36,0	9	33-45	18	23-51	39	36

Примечание: \* - средние значения для сезона по всем горизонтам ;  
 прочерк – отсутствие данных

С целью установления взаимосвязи между АОХ и химической, и гидрологической стратифицированностью экосистем озер, было изучено вертикальное распределение ХОС в озерах по сезонам. В вертикальном распределении АОХ на исследуемых станциях наблюдается варьирование по глубине (рис. 2).

В озерах ярко выражен придонный анаэробный слой в период как летней так и зимней стратификации, содержание растворенного кислорода уменьшается с 11,50 до 0 мг/л. Поверхностные воды в летний период пересыщены кислородом, в то время как в придонных горизонтах он практически отсутствует, что подтверждает активную деятельность водорослей и является абиотическим показателем антропогенного эвтрофирования (рис. 2).

На рис. 2 а видно, что концентрация АОХ в пределах всей водной толщи (от 0 до 36 м) в зависимости от наличия кислорода в озере Светлом изменяется в диапазоне от 4 до 48 мкг/л. Среднее значение составляет в зимнюю 10 мкг/л и 22 мкг/л в летнюю межень (табл.1).

В верхнем слое (миксолимнион) содержание изменяется от 6 до 25 мкг/л. При этом зимой здесь среднее содержание АОХ составляет 8 мкг/л, а летом 24 мкг/л с высоким содержанием кислорода.

В зоне хемоклина - на горизонте от 20 до 25 м – содержание АОХ составляет 15 мкг/л в зимнюю и 24 мкг/л в летнюю межень, содержание кислорода уменьшается до нуля. В анаэробном слое (ниже 25 м) концентрации АОХ почти не подвержены колебаниям и достигают 33 мкг/л, как летом, так и зимой.

В зависимости от наличия кислорода в озере Темном концентрация АОХ изменяется в диапазоне от 23 до 51 мкг/л. Среднее значение составляет в зимнюю 39 мкг/л и 36 мкг/л в летнюю межень (табл.1).

В озере Темном в верхнем слое от 0 до 22 м при постоянном наличии растворенного кислорода наблюдается варьирование АОХ от 29 до 46 мкг/л по глубине. При этом зимой среднее содержание АОХ составляет 39 мкг/л, а летом 36 мкг/л.

В зоне хемоклина на горизонте от 22 до 25 м наблюдается резкое снижение кислорода в зимнюю межень до 0,62 мг/л, но содержание АОХ практически не изменяется и составляет 38 мкг/л, а летом понижается до 23 мкг/л (рис. 2 б). В анаэробном слое средние концентрации АОХ остаются на уровне 38 мкг/л зимой и 39 мкг/л летом, причем летом заметно повышение в придонном слое воды.

Средние концентрации АОХ в воде исследуемых озер, удаленных от антропогенных источников загрязнения, варьируют от 17 мкг/л в озере Светлом до 38 мкг/л в Темном (табл.1). Концентрации АОХ от 13 до 29 мкг/л при среднем значении 21 мкг/л были определены нами в реке Пинеге, не испытывающей антропогенного воздействия [5]

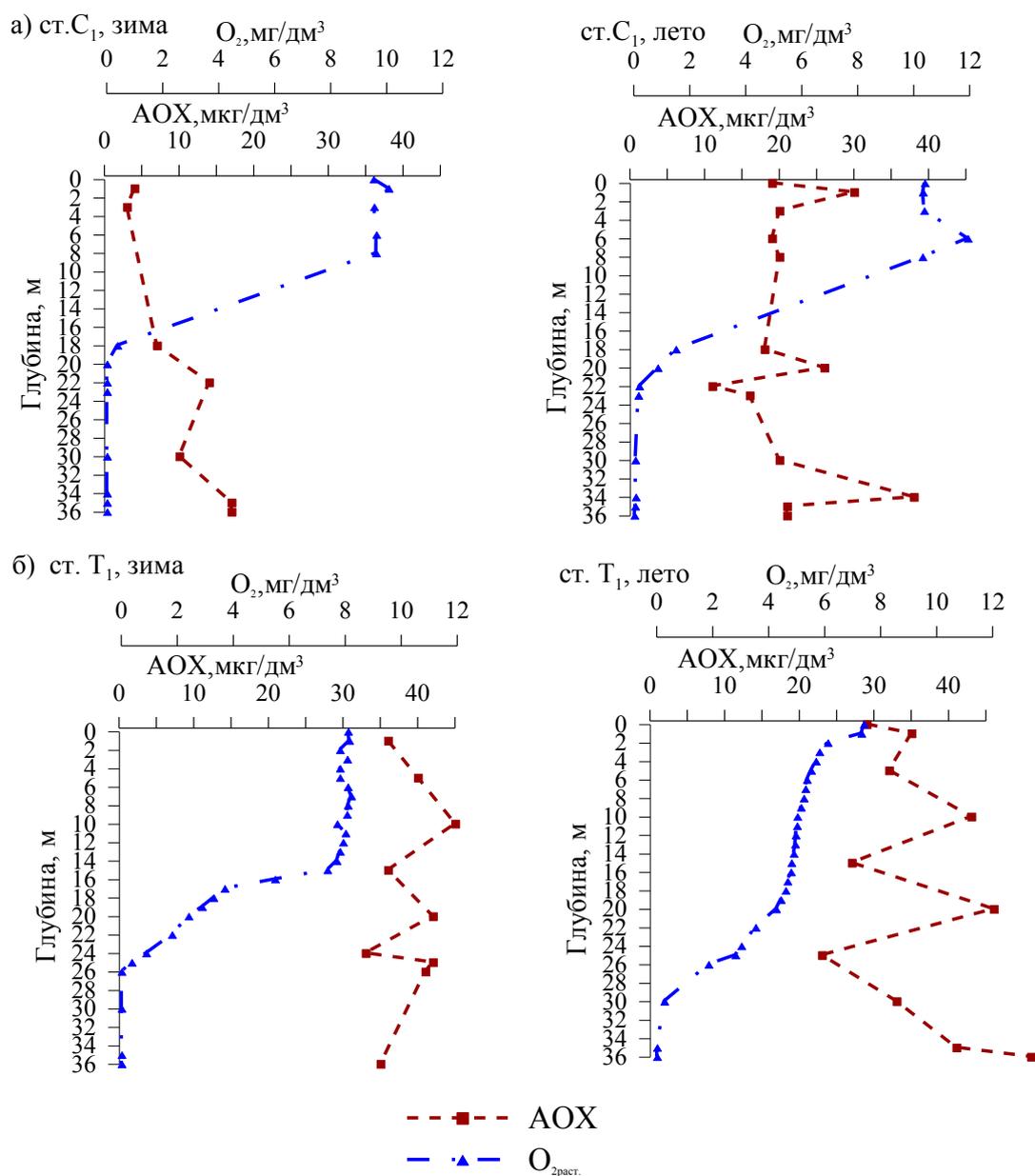


Рис. 2 – Вертикальное распределение растворенного кислорода и АОХ в воде глубоководных станций озер Светлого (а) и Темного (б)

Проведенные исследования показали, что концентрация АОХ в озере Светлом зависит от сезона и наличия кислорода в воде. Подтверждением этого является выявление обратной корреляционной связи ( $r_{0,95}=-0,80$ ,  $n=8$ ) между АОХ и растворенным кислородом в зимнюю межень. Увеличение АОХ наблюдается в анаэробной зоне, что может быть вызвано продуктами трансформации ХОС в присутствии анаэробных микроорганизмов [2]

Отличительной характеристикой озера Темного является водосборная площадь, где доля болот в 70 раз больше и, соответственно, наблюдается повышенное

поступление гумусовых веществ. Процесс энзиматического хлорирования гумусовых веществ является источником поступления хлорорганических соединений в озеро[2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gribble, G.W. Naturally Occurring Organohalogen Compounds - A Survey // J. Nat. Prod., 1992. V. 55, N 10. P. 1353-1395.
2. Grimvall Organohalogens of natural or unknown origin in surface water and precipitation // Toxicological and Environmental Chemistry, 1994, V. 46, № 3. P. 183-196
3. Chupakov A, Shirokova L, Chupakova A., Zabelina S., Moreva O., Vorobieva T., Klimov S., Brovko O., Pokrovsky O. Allochthonous and autochthonous carbon in deep, organic-rich and organic-poor lakes of the European Russian Subarctic // Boreal environment research 22:2017. 213–230
4. ПНД Ф 14:1:2:4.248-06 Методика измерений массовых концентраций адсорбируемых галогенорганических соединений (АОХ) в пробах питьевых, природных и сточных вод с применением АОХ-анализатора. Архангельск, 18 с.
5. Троянская А.Ф., Вахрамеева Е.А. Хлорорганические соединения в устье Северной Двины / Система Белого моря. Том III. Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнения / отв. ред. А.П. Лисицын. М.: Научный мир, 2013. С. 470-481

#### **МИГРАНТНЫЕ БУЛАВОУСЫЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (LEPIDOPTERA: RHORALOCERA) НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.**

*А.А. Власова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск, vlasowaalisa@yandex.ru

#### ***Введение***

В энтомологических работах последнего времени одной из актуальных тем является изучение мигрантных видов булавоусых чешуекрылых на северных территориях России. Изменения границ ареалов видов, массовые миграции и колебания численности дневных чешуекрылых находят отражение в работах как отечественных, так и зарубежных энтомологов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

На территории России примечательны три вида мигрантных булавоусых чешуекрылых – *Vanessa cardui* L., *Vanessa atalanta* L. и *Aglais io* L. Данные виды дневных бабочек не только совершают залеты на север, но и успешно размножаются в тундре и лесотундре [9].

Фауна булавоусых чешуекрылых Архангельской области началась активно изучаться со второй половины XX века [10]. На прилегающих к областному центру территориях преобладают антропогенно–измененные ландшафты. С другой стороны, в Архангельской области наблюдаются ненарушенные таежные экосистемы, которые практически не испытывают влияние человека. В прошлые годы вопрос о причинах массового появления бабочек-мигрантов (*Vanessa cardui*, *Vanessa atalanta* и *Aglais io*) в Архангельской области не поднимался. В связи с этим актуальным становится вопрос изучения не только видового состава мигрантных видов, но и объяснение их большой численности на данной территории.

#### ***Материалы и методы исследования***

Полевые исследования проводились с использованием традиционных методов последовательного безвыборочного вылова видов в различных биотопах с помощью энтомологического сачка. Фенологические исследования выполнялись во все сезоны с изучением периодичности и сроков лёта по соответствующим методикам [11, 12, 13]. Определение видовой принадлежности собранных булавоусых чешуекрылых проводилось в камеральных условиях, на основе работ для Восточной Европы по А. Львовскому [14].

#### **Результаты и обсуждение**

По результатам исследования отмечается три вида мигрантных булавоусых чешуекрылых (*Vanessa cardui*, *Vanessa atalanta* и *Aglais io*). В Архангельской области в окрестностях г. Котлас в 2016 г. было поймано *Vanessa atalanta* – 3 экз.; в 2018 – 1 экз.; *Vanessa cardui* – 1 экз.; в окрестностях г. Архангельск в 2016 г. *Aglais io* – 1 экз.; *Vanessa atalanta* в 2018 г. – 2 экз. Данные бабочки – мигранты собраны в окрестностях обоих городов в рудеральных местообитаниях на сорных растениях: чертополох; репейник; крапива жгучая и двудомная. Несмотря на наличие в фауне булавоусых мигрирующих видов, роль их особей в структуре населения бабочек невелика – по многолетним данным на них приходится менее 10% сборов. Ни один из видов – мигрантов не был отмечен в числе доминантов топических группировок. Увеличение числа особей в некоторые годы в Архангельской области связано со вспышками численности в средней полосе России (Вологодской, Ленинградской и других областях).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stefanescu C. The nature of migration in the red admiral butterfly *Vanessa atalanta*: evidence from the population ecology in its southern range. *Ecol. Entomol.* 2001. 26: 525-536.
2. Mikkola K. The Red Admiral butterfly (*Vanessa atalanta*, Lepidoptera: Nymphalidae) is a true seasonal migrant: an evolutionary puzzle resolved? *Eur. J. Entomol.* 2003. 100: 625–626.
3. Болотов И. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Rhopalocera) Архангельска и его окрестностей. *Зоологический журнал*, 2002. Т. 81. № 4. С. 457–462.
4. Болотов И.Н. Многолетние изменения фауны булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) Северной тайги на западе Русской Равнины // *Вестник Поморского университета*, 2004. № 2. Экология. С. 1–7.
5. Татаринов А.Г., Долгин М.М. Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых на европейском Северо–Востоке России. СПб.: Наука, 2001. 244 с.
6. Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н. Пространственно–временная неоднородность таежного биома в области плейстоценовых материковых оледенений. Екатеринбург: Изд–во Уральского отделения РАН, 2008. 302 с.
7. Mitikka V., Hanski I. Pgi genotype influences flight metabolism at the expanding range margin of the European map butterfly. *Annales Zoologici Fennici*, 47(1). 2010. P.: 1–14.
8. Kocsis M, Hufnagel L. Impacts of climate change on Lepidoptera species and communities // *Applied ecology and environmental research*. 2011. 9(1): 43–72.
9. Charles H. A., A Quantitative Study of the Migration of the Painted Lady Butterfly, *Vanessa cardui* L. *Ecology*, Vol. 32, No. 2 (Avril 1951), pp. 155–171.
10. Зеленова Л. Ф. Дендрофильные чешуекрылые (Lepidoptera) Архангельска и его окрестностей // *Энтомол. обозр.* 1972. Т. 51, No 4. С: 806–814.
11. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых /В.Ф. Палий. Учеб.–метод, пособие для вузов. Воронеж. 1970. 189 с.
12. Добровольский Б.В. Фенология насекомых. М.: Просвещение, 1969. 160 с.

13. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982.
14. Львовский А. Л., Моргун Д. В. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2007. 443 с.

**КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗ. КЕНОЗЕРА  
(СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА)**

*Т.Я.Воробьева, С.И.Климов, С.А.Забелина, Е.И.Собко, Н.В.Шорина, О.Ю.Морева, А.А.Чупакова, А.В.Чупаков, Л.С.Широкова, О.С.Покровский, Н.В.Неверова*  
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, vtais@yandex.ru

Озеро Кенозеро - самый крупный водоем Кенозерского национального парка, расположенного в бореальной зоне на северо-западе РФ (Архангельская область). В 2004 году Кенозерский национальный парк получил статус биосферного заповедника и был включен в Список Биосферных Резерватов ЮНЕСКО.

Основные природные факторы, оказывающие влияние на ход эволюции озер (климат, сток рек, морфометрия озерных котловин, характер растительности в озерном бассейне и пр.), в естественных условиях не столь динамичны, как антропогенные (распашка земель, вырубка лесов, строительство в бассейнах озер, изменение гидрографической сети и др.). Сложность природных связей, с одной стороны, и недостаточная изученность количественных взаимодействий и зависимостей между гидрологическими, гидрохимическими и биологическими процессами, с другой, затрудняют прогнозирование дальнейшего развития этих процессов. При этом изучение отдельных компонентов экосистемы не дает представления об интегральной картине всех процессов, протекающих в них. Только комплексные подходы проведения исследований по различным направлениям, охватывающие как абиотические, так и биотические составляющие, позволяют проследить механизмы трансформации пресноводных экосистем. Однако необходимо констатировать, что даже самый полный и точный анализ дает информацию о составе вод лишь в точке и в момент отбора данной пробы и при отсутствии длинных рядов наблюдений сложно делать выводы о долговременных тенденциях трансформации качества вод и в целом экосистем. Для прогнозирования природных процессов необходим численный анализ рядов многолетних наблюдений и выявление тенденций развития экосистем.

Оз. Кенозеро в 70–80-ых годах испытывало сильное воздействие от сельскохозяйственной деятельности на водосборе. Кроме того, в северной части оз. Кенозеро в течение 70 лет (вплоть до 1993 г.) проводился молевой лесосплав и осуществлялась вырубка леса [1–3]. В работе [1] на основании литературных данных и собственных исследований, проведенных в 1999 г., сделан вывод о том, что за 30-летний период экосистема озера претерпела заметные изменения, которые в итоге затронули рыбный промысел. Основной причиной этих изменений послужил антропогенный фактор – активная сельскохозяйственная деятельность по берегам озер и вырубка леса. Поступление гумусовых веществ с водосбора, подверженного вырубке леса, привело к значительной перестройке химического режима, а, следовательно, и биологических сообществ водоема. Химический состав воды озера, прежде всего, повышенное содержание органического вещества и высокая цветность воды, сказывается на количественном развитии биологических сообществ и их структурном составе [1]. Высокая цветность снижает проникновение света в воду, что закономерно

сопровождается уменьшением толщины эвфотического слоя и автогенного синтеза органического вещества, являющегося основой биопродуктивности водоемов.

Особенности формирования гидролого-гидрохимических режимов озера обусловлены факторами, связанными с их морфометрическими и гидрографическими характеристиками. Оз. Кенозеро – глубоководный водоем с котловиной лопастного типа и сильно изрезанной береговой линией со средним показателем условного водообмена и средним удельным водосбором. Отличается сложным гидрологическим режимом. Северная часть сильно проточная. Сюда поступают воды мощного притока – р. Почы, который определяет весь гидрохимический режим и формирование биоты. Южная часть слабопроточная, однако, она также испытывает влияние приточных вод, особенно в зимний период [1–3]. Оз. Кенозеро, по данным Государственного водного кадастра, имеет площадь 68,6 км<sup>2</sup> и площадь водосбора – 5450 км<sup>2</sup>. Площадь озера с островами составляет 99,4 км<sup>2</sup>.

С целью изучения современного состояния оз. Кенозеро нами проведены комплексные исследовательские работы в северной части в июле 2015 г в заливе Глушевая Лахта, Рис. 1, в районах с наибольшими глубинами, указанными местными жителями и уточненных эхолотным промером.



Рис.1 – Расположение комплексной станции на оз. Кенозеро в июле 2015 г.

Гидрологическая станция выполнялась с помощью зонда Hydrolab MS5 и оксиметра WTW Oxi 197i. На Рис. 2 приведены распределения гидрологических параметров по вертикали. Глубина станции составила 62 м.

В верхнем 3-х метровом слое отмечалась гомотермия с температурой воды 15,2 °С. В слое от 6 до 10 м располагался термоклин с максимальным градиентом 1,4 °С/м в слое 6–7 м. Ниже в слое 18–26 м отмечался второй термоклин с максимальным градиентом 0,40 °С/м на 21–22 м. Далее температура медленно понижалась, достигая у дна 5,66 °С. В распределение минерализации отмечалась гомохалинность в поверхностном слое и ниже термоклина с незначительным уменьшением минерализации в промежуточном слое. Как видно на Рис. 2, плотностная стратификация не нарушалась, и при малой изменчивости минерализации определялась практически только температурным фактором, что подтверждается формой графика плотности зеркальной графику распределения температуры.

Таким образом, можно отметить в оз. Кенозеро очень малую изменчивость минерализации по вертикали, летняя стратификация формируется в основном за счет температурного фактора. Однородность слоя ниже 20 м по минерализации обусловлена

весенним перемешиванием вод. Пониженная минерализация в слое 20–40 м вызвана тем, что в перемешивание вовлекались талые маломинерализованные весенние воды. С ростом температурной стратификации эти воды были блокированы от перемешивания. Однородный слой на глубине 12–17 м, вероятно, обусловлен штормовым ветровым перемешиванием, по данным метеостанции Каргополь наблюдавшийся 16 июня. Таким образом, после установления летней стратификации тепло- и массоперенос в гипolimнион практически прекращается. Воды, приносимые речным стоком, перемешиваются в основном в верхних слоях озера и далее поступают в р. Кену.

Содержание кислорода на глубоководной станции оз. Кенозеро от поверхности ко дну составляло от 9,33 до 9,10 мг/л или от 93 до 71 % насыщения соответственно. Активная реакция среды была от слабо кислой до близкой к нейтральной – 6,07 в поверхностных горизонтах, 6,66 в придонных.

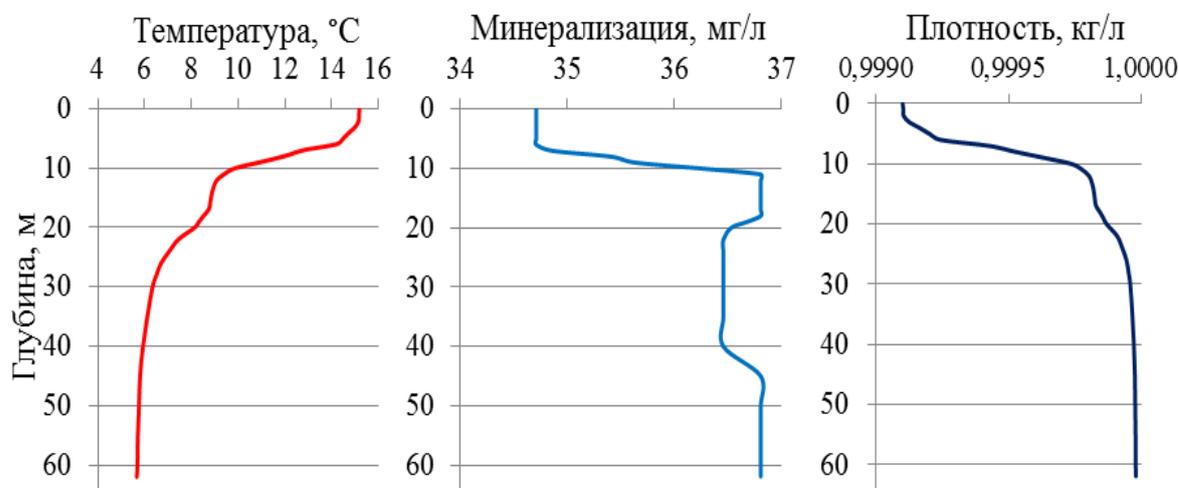


Рис. 2 – Вертикальное распределение температуры, минерализации и плотности воды на комплексной станции оз. Кенозеро 14 июля 2015 г.

*Биогенные элементы.* Результаты исследования содержания биогенных элементов (БЭ) показали, что, несмотря на большую глубину, концентрации биогенных элементов квазиоднородно распределены по водному столбу. Концентрации соединений азота и фосфора почти постоянные по всему водному столбу имеют низкие значения. А значения таких показателей, как общий фосфор, общий азот, находятся на уровне 20–30-ти летней давности [1-3] (варьируют в пределах 16–24 мкгР/л для общего фосфора и не превышают 500 мкгN/л для общего азота). Содержание кремния незначительно уменьшается в поверхностном слое, а после горизонта 10 метров значения концентрации остаются квазиоднородными до самого придонного слоя. Уменьшение концентрации в верхнем слое указывает на интенсивное поглощение кремния фитопланктоном в период вегетации.

Для оценки экологического состояния оз. Кенозеро было определено соотношение основных биогенных элементов – общего азота и общего фосфора, которое в среднем равно 20 (массовые концентрации). Это значение находится на границе между умеренным и средним классами и является оптимальным для развития фитопланктона. Лимитирующим элементом в развитии гидробионтов был фосфор [4].

*Цветность.* Сравнительный анализ данных по показателю цветности за 20-летний период выявил увеличение этого показателя в придонном горизонте, что может говорить о тенденции накопления органических веществ в экосистеме озера (Табл. 1).

Таблица 1 – Изменение цветности воды (град.) в поверхностном (пов.) и придонном (прид.) слое воды оз. Кенозеро

Слой	Годы														
	1962 <sup>1</sup>		1963 <sup>1</sup>		1964 <sup>1</sup>		1968 <sup>1</sup>		1982 <sup>1</sup>		1983 <sup>1</sup>	1999 <sup>1</sup>	2001 <sup>1</sup>	2003 <sup>1</sup>	2015 <sup>2</sup>
	3	3	Л	3	Л	Л	3	Л	3	3	Л	Л	Л		
Пов.	24	4	6	80	8	91	122	29	156	150	90	130	120		
Прид.	66	0	-	-	4	91	106	30	125	90	109	95	117		

Примечание: 3 – зима, Л – лето; 1–[2]; 2 – Наши данные

**Железо.** По содержанию железа вода оз. Кенозеро, характеризуется его повышенной концентрацией относительно ПДК. Основным источником поступления железа в экосистему озера является р. Поча, в которой, по данным авторов [2] содержится до 0,99 мг/л общего растворенного железа. Наши исследования также свидетельствуют о повышенном содержании общего растворенного железа в озере. Концентрация равномерно увеличивается от поверхности ко дну и составляет, соответственно, от 0,33 до 0,37 мг/л. Основной преобладающей формой зафиксировано общее растворенное железо, основная масса которого представлена в форме  $Fe^{+2}$ , железо во взвешенной форме не обнаружено во всем диапазоне изученных глубин.

**Зоопланктон.** Исследование зоопланктонных сообществ оз. Кенозеро в летний период показали, что зооценоз находится в устойчивом и сбалансированном состоянии. Средняя численность и биомасса зоопланктона в период наблюдений составляли 32400 экз/м<sup>3</sup> и 0,18 г/м<sup>3</sup> соответственно. Виды в сообществе распределяются равномерно. Видовой состав зоопланктона имел ярко выраженный кладоцерно-ротаторный характер, на долю кладоцер и коловраток приходилось по 39 % от общего видового состава, копеподы составляли 22 %. По численности и биомассе в сообществе доминировали веслоногие ракообразные. Структурообразующий комплекс состоял из следующих видов: *Mesocyclopsleuckarti*, *Bosminalongirostris*, *Asplanchnapriodonta*, *Vipalpushudsoni*, *Polyarthradolichoptera*. Доминирующий комплекс планктонной фауны включал виды-индикаторы, среди которых преобладали олиго- и олиго-β-мезосапробы (83 % от общего числа планктонных организмов). По состоянию планктонных сообществ качество водных масс озера в июле 2015 г. соответствовало α-олигосапробному классу (индекс сапробности 1,33; II класс - чистые воды). Индекс Шеннона составлял 3,09 бит/экз., что соответствует олиготрофному водоему. Значения индекса свидетельствуют о равномерном распределении видов в сообществе и на устойчивость зооценоза.

**Фитопланктон.** Изучение летнего фитопланктона Кенозеро проводилось на горизонтах 0,5 и 5 м. В связи с повышенной цветностью воды в оз. Кенозеро, прозрачность воды в период проведения комплексных исследований была невысокой до 1,5–1,9 м, следовательно, фотический слой не превышал 5,7 м.

В поверхностном горизонте численность и биомасса фитопланктона составили 1452 тыс.кл./л и 0,533 г/м<sup>3</sup>, соответственно; на горизонте 5 м - 861 тыс.кл./л и 0,325 г/м<sup>3</sup>, соответственно. В поверхностном горизонте по численности и биомассе доминировали криптофитовые (66,9 % и 67,3 %, соответственно), в основном представители рода *Cryptomonas*. На горизонте 5 м по численности преобладали сине-зеленые и диатомовые (48,5 % и 28,7 %, соответственно), в основном сине-зеленые были представлены родом *Anabaena* и диатомовые – *Aulacoseira*, максимальную биомассу составили диатомовые. Наибольшим разнообразием отмечены также диатомовые водоросли (9 видов).

Обнаруженные таксоны являются преимущественно космополитными формами, большинство видов являются олиго-β и α-β-мезосапробами. Существенная доля

криптофитовых водорослей объясняется значительным содержанием органических веществ (ОВ) в воде по показателю растворенного органического углерода (РОУ)  $17 \pm 0,2$  мг/л), так как этот таксон является индикатором ОВ. Хотя, по сравнению с другими водорослями, криптофиты чрезвычайно чувствительны к избыточному освещению [4, 5] в оз. Кенозеро их максимальные количественные показатели отмечены в поверхностном горизонте (0,5 м). Это объясняется пониженной пропускной способностью света высокоцветной водой.

*Бактериопланктон.* Численность гетеротрофного бактериопланктона в воде оз. Кенозера в июле 2015 г. была невысокой и варьировала от 54 до 600 КОЕ/мл для эвтрофного бактериопланктона и от 130 до 490 КОЕ/мл для олиготрофного бактериопланктона. Незначительное развитие гетеротрофного бактериопланктона, вероятно, связано с труднодоступностью для микробной минерализации ОВ, представленного в озере, прежде всего, гуминовой составляющей. На горизонте 20 м и в придонных слоях их численность была минимальной. Как было отмечено выше, слои 20–40 м в весенний период были блокированы от перемешивания, это отразилось на распределении бактериопланктона. По результатам исследования 1999 г. [1] по состоянию бактериальной активности водоем соответствовала дистрофному типу (особый вид олиготрофии). Количественное содержание эвтрофных бактерий, наблюдаемое нами в июле 2015 г. в Кенозеро, не превышает аналогичных показателей, полученных в [1], что свидетельствует о стабильности состояния экосистемы озера. В целом, микробиологические показатели в озере характерны для чистых вод.

Проведен сравнительный анализ данных, полученных нами в ходе комплексных исследований на глубоководной станции оз. Кенозеро, и данных, представленных в работе [2] Институтом водных проблем КарНЦ в начале августа 2003 году. В работе [2] оз. Кенозеро было отнесено к олиготрофному типу с признаками дистрофии. Исследования современного состояния экосистемы оз. Кенозеро показали, что по содержанию кислорода, преобладанию объема гипolimниона над объемом эпилимниона, слабо развитой литоралью, по количественным показателям основных биогенных элементов (фосфор, азот), гидробиологических параметров данное глубоководное озеро можно также отнести к олиготрофному типу. Присутствующие черты водоема дистрофного типа вызваны геохимическими особенностями водосборной площади (заболоченность около 14 %), а именно, поступлением большого количества растворенного органического вещества (гумусовых веществ) основным притоком р. Поча.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания (№0409-2015-0140) и гранта РФФИ 17-05-00342.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинкина Н.М., Тимакова Т.М., Лозовик П.А., Рыжаков А.В., Куликова Т.П., Рябинкин А.В., Чекрыжева Т.А. Исследование трансформации водных экосистем Кенозерского национального парка под влиянием сельского и лесного хозяйства // Водные ресурсы Европейского Севера России : итоги и перспективы исследований: материалы юбилейной конференции, посвященной 15-летию ИВПС. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2006. С.312–323.
2. Отчет по хоздоговорной теме № 32-03 «Проведение комплексного мониторинга водоемов Кенозерского национального парка». Научный руководитель, старший научный сотрудник, к.б.н. Н.М. Калинкина. Российская академия наук, Карельский научный центр, институт водных проблем Севера. Петрозаводск 2004. 32 с.

3. Лукин А.А., Шарова Ю.Н. Оценка качества вод на основе гистологического анализа организмов рыб (на примере Кенозера) // Водные ресурсы, 2004. Т.31. №4. С.481-488.
4. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
5. Hansson L.-A., Nicolle A., Graneli W., Hallgren P. et al. Food-chain length alters community responses to global change in aquatic systems // Nature Climate Change. 2013. № 3. Pp. 228-233.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЖИЛОЙ ЗОНЕ Г. АРХАНГЕЛЬСК**

*М.А. Глазьева, В.П. Евдокимова*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, glazeva@eco29.ru

Неблагоприятные метеорологические условия для рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (НМУ) представляют собой краткосрочное сочетание метеорологических факторов (штиль, слабый ветер, ветер неблагоприятного направления, туман, инверсия), которые способствуют накоплению вредных (загрязняющих) веществ в приземном слое атмосферного воздуха. При возникновении НМУ возможно ухудшение качества атмосферного воздуха в населенных пунктах.

Прогнозирование периодов действия НМУ осуществляется для предприятий, имеющих источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, которые в свою очередь в соответствии со ст. 19 Федерального закона от 04.05.1999 N 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» при получении прогнозов обязаны проводить мероприятия по уменьшению выбросов [1]. Однако, в городе Архангельске прогнозы составляются не для всех предприятий, имеющих источники выбросов, а лишь для наиболее крупных из них, таких как: Архангельская ТЭЦ ПАО «ТГК-2», АО «Архангельская РЭБ флота», ОАО Кузнечевский КСКМ, ОАО «Архангельский морской торговый порт», АО «Архоблэнерго».

Мероприятия по регулированию выбросов для промышленных предприятий разрабатываются с учетом специфики конкретных производств. Под регулированием выбросов вредных веществ в атмосферу понимается их кратковременное сокращение на период НМУ [2].

В зависимости от ожидаемого уровня загрязнения атмосферы составляются предупреждения трех степеней, которым соответствуют три режима работы предприятий в периоды НМУ. Эти режимы работы предприятий должны обеспечивать снижение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы по первому режиму на 15-20%, по второму режиму на 20-40% и по третьему режиму на 40-60%.

Определение режима и периода действия НМУ, а также предупреждение хозяйствующих субъектов о повышении уровня загрязнения атмосферного воздуха в связи с ожидаемыми неблагоприятными условиями находятся в ведении Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 23.07.2004 года № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [3].

На территории Архангельской области прогнозированием периодов наступления НМУ занимается Федеральное государственное бюджетное учреждение "Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды ("ФГБУ "Северное УГМС").

Информация о наступлении НМУ актуальна не только для предприятий, имеющих источники загрязнения атмосферы, но также для населения городов, имеющих крупные предприятия, осуществляющие выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух. При повышенной задымлённости атмосферного воздуха, вызванной НМУ, с целью предупреждения ухудшения состояния здоровья населения, обострения сердечно-сосудистых, легочных и иных хронических заболеваний, следует уделять внимание профилактическим мероприятиям, ограничивающим поступление в организм вредных веществ. При объявлении режима НМУ жителям рекомендуется ограничить поездки на личном транспорте, сократить время пребывания и занятия физической нагрузкой на открытом воздухе. При 2 и 3 степенях опасности НМУ рекомендуется также пользоваться защитной одеждой и респираторами, диетическое питание и прием витаминов.

Целью исследования является оценка влияния НМУ на концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе жилой зоны г. Архангельска. Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

- изучение данных о концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, полученных со стационарного поста контроля качества атмосферы в г. Архангельске за последние 5 лет;
- определение по данным ФГБУ «Северное УГМС» периодов с неблагоприятными метеоусловиями в г. Архангельске за последние 5 лет;
- проведение анализа концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в периоды НМУ и вне периодов НМУ, полученные со стационарного поста контроля качества атмосферы в г. Архангельске;
- оценка влияния НМУ на концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе жилой зоны г. Архангельска

Загрязнение воздуха определялось по значениям средних и максимальных разовых концентраций основных загрязняющих веществ: монооксида углерода (CO), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), монооксида азота (NO), сероводорода (H<sub>2</sub>S), диоксида серы (SO<sub>2</sub>), взвешенных веществ (пыль). Степень загрязнения оценивалась при сравнении фактических концентраций с предельно допустимыми концентрациями примесей для населенных мест.

Средние концентрации сравнивались с ПДК среднесуточными (ПДК<sub>с.с.</sub>), максимальные из разовых концентраций — с ПДК максимально-разовыми (ПДК<sub>м.р.</sub>).

Для проведения исследования были использованы данные, полученные с автоматизированного стационарного поста контроля качества атмосферного воздуха на базе ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды» (Пост) в период с 2014 по 2018 годы.

Пост относится к категории «автомобильных», расположен в жилой зоне г. Архангельска на пересечении проспекта Обводный канал и улицы Урицкого.

Пост оборудован газоанализаторами загрязняющих веществ моделей T101 (SO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S), T200 (NO и NO<sub>2</sub>), T300 (CO) фирмы Teledyne (США). Концентрация пыли определялась с помощью пылемера ОМПН-10, производства ЗАО «ОПТЭК» (Россия). Газоанализаторы обеспечивали круглосуточное автоматическое измерение, обработку и регистрацию результатов измерений концентраций загрязняющих веществ с интервалом в 20 минут.

Для определения периодов с НМУ использовались данные, полученным от ФГБУ «Северное УГМС».

Результаты исследования представлены в таблицах 1, 2

Таблица 1 – Оценка показателей максимально – разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в г. Архангельске (2014 – 2018 г.)

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Кол-во часов с НМУ	Кол-во измерений, всего	Кол-во измерений в периоды НМУ	Кол-во превышений ПДК, всего	Кол-во превышений ПДК в периоды НМУ	Кол-во превышений ПДК вне периодов НМУ	Максим. конц - ция ЗВ (в долях ПДК м.р.) в периоды НМУ	Максим. конц – ция ЗВ (в долях ПДК м.р.) вне периодов НМУ
СО	5351	648878	71161	225	124	101	1,66	2,8
NO <sub>2</sub>				4	1	3	0,59	2,53
SO <sub>2</sub>				0	0	0	1,8	1,11
пыль				0	0	0	0,60	1,05
NO				3	0	3	1,01	1,02
H <sub>2</sub> S				1189	255	934	1,63	2,25

Таблица 2 – Оценка показателей среднесуточных предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в г. Архангельске в периоды и вне периодов НМУ (2014-2018 г.)

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Кол-во превышений в периоды НМУ	Кол-во превышений вне периодов НМУ	Максим. концентрация ЗВ (в долях ПДКс.с.), зафиксированная в периоды с НМУ	Максим. концентрация ЗВ (в долях ПДКс.с.), зафиксированная вне периодов НМУ
СО	5	14	1,82	1,83
NO <sub>2</sub>	12	37	1,48	1,3
NO	3	33	1,31	0,82
пыль	0	2	0,04	1,14

В городе Архангельске за период с 2014 по 2018 годам зафиксированы периоды действия НМУ 1 и 2 степени опасности. Количество измерения концентраций загрязняющих веществ, проводимых в периоды с НМУ составляет лишь 11% от общего количества измерений. Суммарное превышения ПДКм.р. и ПДКс.с. по веществам в периоды действия НМУ составляет 27% и 20% соответственно.

Исследования показали, что максимально-разовые концентрации загрязняющих веществ за исключением диоксида серы наблюдаются в большей степени вне периодов НМУ (табл. 1). Максимальные среднесуточные концентрации в периоды действия и вне периодов НМУ совпадают, существенное превышение установлено только по пыли (табл. 2).

В целом превышения ПДКм.р. вне периодов НМУ встречаются чаще в 3,6 раза, чем в период действия НМУ.

Таким образом, наблюдения, осуществляемые на автоматизированном стационарном посту в г. Архангельске, расположенном в жилой зоне на перекрестке проспект Обводный Канал – улица Урицкого не выявляют существенных негативных изменений качества атмосферного воздуха в периоды действия неблагоприятных метеорологических условий, тем самым населению нет необходимости в выполнении профилактических мероприятий, предусмотренных для жителей населенных пунктов в периоды НМУ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране атмосферного воздуха [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ (последняя редакция). Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22971](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971) (дата обращения: 02.05.2019).
2. РД 52.04.52-85 Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=17038#09366837795823812> (дата обращения: 16.05.2019).
3. Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.07.2004 года № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» условиях [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.garant.ru/12136300/> (дата обращения 20.05.2019).
4. Отчеты по мониторингу атмосферного воздуха за 2013-2017 годы [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://eco29.ru/monitoring/monitor-vozduh> (дата обращения: 02.05.2019).

## РЕЗУЛЬТАТЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2014-2018 ГГ.

*Е.А. Горбачева*

Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск, [gorbach@pinro.ru](mailto:gorbach@pinro.ru)

При проведении экологического мониторинга морской среды особое место уделяется оценке качества донных отложений. Это обусловлено важной ролью, которую играют донные отложения в функционировании экосистемы водоема (регенерация и накопление биогенов, место обитания гидробионтов и др.), и их способностью фиксировать долговременные тенденции в распространении поллютантов.

Для оценки качества донных отложений, наряду с химико-аналитическими методами, используются биотестирование и биоиндикация. Преимуществом биотестирования является способность оценить пригодность среды для существования тест-организмов в момент воздействия. Биотестирование характеризует уровень загрязнения среды по такому показателю как токсичность, и позволяет определить опасность всего комплекса поллютантов, присутствующих в воде или донных отложениях для гидробионтов, а также учесть синергические и антагонистические влияния токсикантов.

Пробы донных отложений для экотоксикологических исследований были отобраны в рейсах научно-исследовательских судов в Баренцевом море в 2014-2018 гг. (Рис. 1). До начала исследований пробы хранились при температуре минус 18 °С не более 2-х месяцев.

Для анализа гранулометрического состава донных отложений использовали водно-ситовой метод. Изучали содержание в донных отложениях мелкозернистой фракции (> 0,063 мм), песка (от 0,063 до 2 мм) и гравия (от 2 до 63 мм) [1].

Биотестированию подвергались водные вытяжки донных отложений. Перед приготовлением вытяжки пробу высушивали при температуре 20±5 °С до воздушно-сухого состояния, удаляли остатки растений, камешки и т. д. [2, 3]. При

получении вытяжек каждую пробу донных отложений смешивали с водой из условно чистого района моря в объемном соотношении 1:4 и встряхивали в течение 2-х ч. После смешивания суспензии давали отстояться. Полученную надосадочную жидкость сливали и центрифугировали в течение 10 мин при скорости 4000 об/мин.

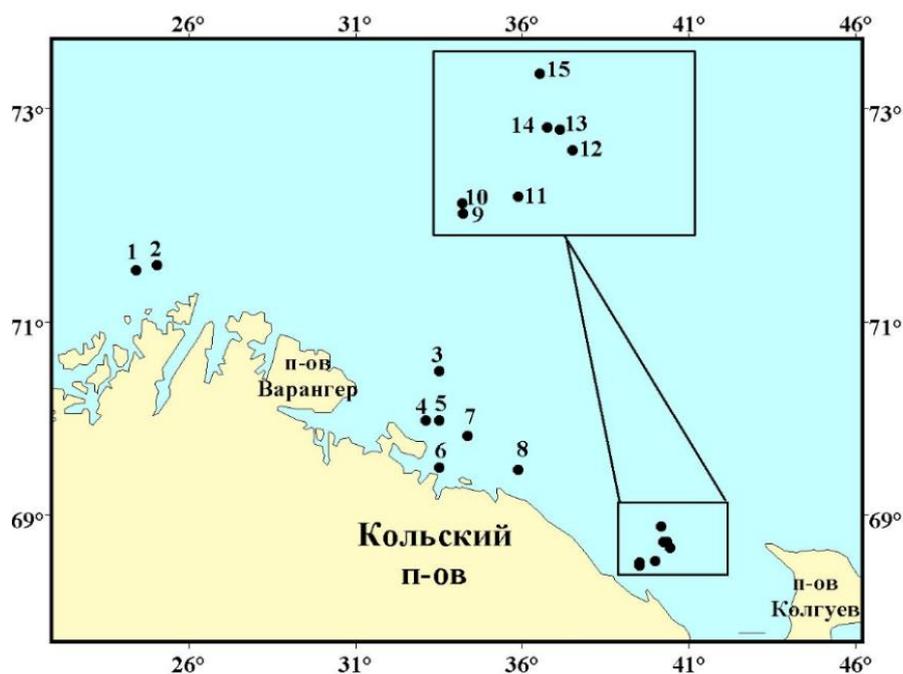


Рис. 1 – Карта-схема расположения станций отбора проб донных отложений

В качестве тест-объектов использовали морскую одноклеточную водоросль *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin и личинок солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina* L. Тест-параметрами являлись изменение численности клеток водоросли и выживаемость личинок. При постановке экспериментов на водоросли *Ph. tricorutum* руководствовались ГОСТ 31960-2012 [2], личинках *A. salina* – ГОСТ 31959-2012[3].

Длительность опытов составляла 96 ч. Температура при проведении экспериментов – 18-20 °С. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики, и рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение.

Вытяжку донных отложений считали нетоксичной для *Ph. tricorutum*, если в конце эксперимента численность клеток водоросли в ней составляла  $\geq 90$  %, слаботоксичной – 89-65 %, среднетоксичной – 64-50 %, высокотоксичной – 49-0 % от контроля. Для личинок *A. salina* вытяжка донных отложений являлась нетоксичной при выживаемости рачков в конце опыта 100-90 %, слаботоксичной – 89-65 %, среднетоксичной – 64-50 %, высокотоксичной – 49-0 %. По тест-объекту, проявившему наибольшую чувствительность, устанавливали итоговую токсичность вытяжки, и определяли качество донных отложений (Табл. 1).

Таблица 1 – Оценка качества донных отложений Баренцева моря

Качество донных отложений	Итоговая токсичность вытяжки донных отложений
Хорошее	Нетоксичная
Удовлетворительное	Слаботоксичная
Плохое	Среднетоксичная
Очень плохое	Высокотоксичная

Анализ гранулометрического состава донных отложений южных районов Баренцева моря показал, что мелкозернистая фракция преобладала только в пробах, отобранных на станциях 2, 3 и 6, гравий – на станции 13 (Табл. 2). В остальных пробах преобладала песчаная фракция. В донных отложениях станций 9 и 10-14 в значительных количествах присутствовала ракушка.

Таблица 2 – Гранулометрический состав донных отложений, %

№ станции	Размер фракции, мм			№ станции	Размер фракции, мм		
	<0,063	0,063-2	2-63		<0,063	0,063-2	2-63
1	8,6	91,1	0,3	9	0	51,6	48,4
2	51,1	44,6	4,3	10	0,3	96,6	3,1
3	54,2	45,8	0	11	0	85	15
4	12,3	84,2	3,5	12	0,2	67,4	32,4
5	20,2	79,3	0,5	13	0,2	40,5	59,3
6	56,6	42,7	0,7	14	0,3	81,0	18,7
7	42,0	58,0	0	15	0,6	84,6	14,8
8	15,8	81,3	2,9	–	–	–	–

По данным биотестирования водные вытяжки из донных отложений южных районов Баренцева моря не токсичны для водоросли *Ph. tricornutum*. Воздействие вытяжек, как правило, стимулировало рост культуры водоросли (Рис. 2). Численность клеток *Ph. tricornutum* в водных вытяжках из донных отложений станций 1 и 3-15 в течение эксперимента увеличивалась до 120-236 % по сравнению с контролем. Исключением являлась водная вытяжка из донных отложений станции 2, в которой наблюдали незначительное снижение численности клеток водоросли на 2-е сут эксперимента до 79 % по сравнению с контролем, сменившееся в последующем восстановлением роста. Вероятно, концентрации загрязняющих веществ в вытяжке оказались чувствительны для водоросли, но она смогла приспособиться к изменившимся условиям среды. Так как в конце эксперимента количество клеток водоросли в вытяжке донных отложений станции 2 достигло 94 % по сравнению с контролем, то пробу можно считать нетоксичной для культуры *Ph. tricornutum*.

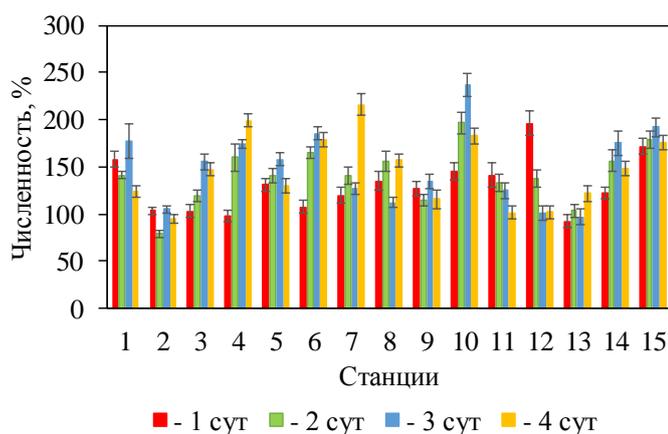


Рис. 2 – Динамика численности водоросли *Ph. tricornutum* в водных вытяжках донных отложений

Исследование с использованием личинок *A. salina* показало слабую токсичность водных вытяжек из донных отложений станций 1, 2, 3, 9 и 15, в которых выживаемость рачков снижалась до 78, 80, 85, 75 и 87 % соответственно (Рис. 3). В водной вытяжке из донных отложений станции 4 выживаемость личинок *A. salina* составляла 50 %, и ее

можно считать среднетоксичной для личинок *A. salina*. Вытяжки из остальных проб донных отложений не токсичны для рачков (выживаемость достигала 91-97 %).

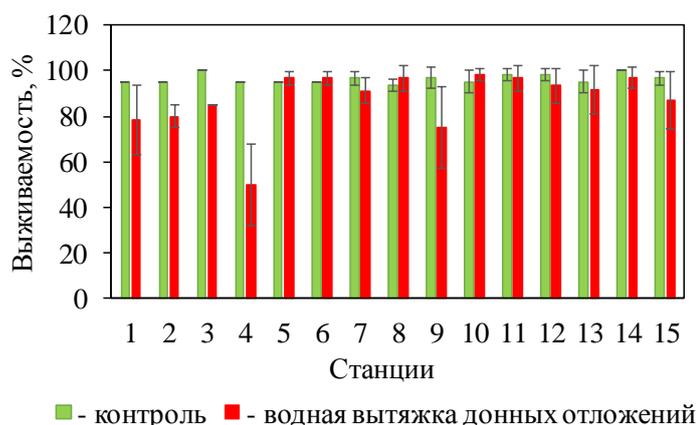


Рис. 3 – Выживаемость личинок *A. salina* в водных вытяжках донных отложений

На основании проведенных исследований качество донных отложений южных районов Баренцева моря можно характеризовать преимущественно как хорошее и удовлетворительное (см. Табл. 1). Снижение качества донных отложений до уровня «удовлетворительное» (слаботоксичные) отмечали на станциях 1, 2, 3, 9 и 15. Донные отложения плохого качества (среднетоксичные) были зарегистрированы только на станции 4. Наиболее чувствительны к загрязняющим веществам, накопленным в донных отложениях южных районов Баренцева моря, оказались личинки *A. salina*. Для водоросли *Ph. tricornutum* исследованные донные отложения не токсичны. В водных вытяжках из подавляющего большинства проб донных отложений наблюдали стимуляцию роста культуры *Ph. tricornutum*. Стимуляция размножения клеток водоросли, вероятно, была обусловлена обогащением вытяжек биогенными элементами. Так как в донных отложениях происходит регенерация и накопление биогенов, то повышенное содержание этих элементов в водных вытяжках может наблюдаться и в отсутствие загрязнения. Возможно, благоприятное воздействие биогенов снижало чувствительность культуры водоросли *Ph. tricornutum* к загрязняющим веществам, присутствующим в вытяжках. Не исключено, что в некоторых вытяжках стимуляция размножения водоросли могла быть результатом воздействия низких концентраций поллютантов. Так, например, в малых концентрациях положительно влияют на фотосинтез и увеличивают скорость деления клеток водорослей тяжелые металлы и нефтепродукты [4, 5, 6].

Токсичные водные вытяжки были получены из донных отложений различного гранулометрического состава. Среди токсичных проб были представлены донные осадки с преобладанием как мелкозернистой, так песчаной фракций. Не наблюдалось увеличения токсичности донных отложений с ростом содержания в них мелкозернистой фракции. Вместе с тем известно, что более высокий уровень аккумуляции поллютантов характерен именно для тонкозернистых богатых органическим веществом донных осадков. Вероятно, токсичность проб определялась в большей степени уровнем антропогенной нагрузки и качественным составом загрязнения, которые на участках отбора донных отложений могли быть различны. Накопленные в донных отложениях токсиканты могут оказывать негативное воздействие на тест-организмы, только если в достаточных количествах переходят в водные вытяжки и присутствуют в них в биологически доступных формах. По данным Э. П. Щербань и др. [7] вымывание токсикантов в водные вытяжки также зависит от гранулометрического состава донных отложений, количественного содержания в них

загрязняющих веществ, формы нахождения химических элементов в донных отложениях, их химических и физических свойств и др. Причем в этих исследованиях показано, что нефтепродукты и некоторые металлы лучше переходят в водные вытяжки из песчаных грунтов, чем из илистых.

Поллютанты, обусловившие токсическое воздействие водных вытяжек донных отложений южной части Баренцева моря на личинок *A. salina*, могли перемещаться в район исследований с водами Норвежского прибрежного и его продолжением Мурманским прибрежным течениями от северо-европейских промышленных центров. Исходным источником вод, переносимых этими течениями, является Балтийское море и на всем пути от Северного моря они получают подпитку от многочисленных рек Норвегии и Кольского п-ова [8]. В восточных прибрежных районах (станции 9-15) возможно поступление загрязнения и с водами Беломорского стокового течения. Кроме того, акватория исследований является районом активного рыболовства и судоходства. Несанкционированные сбросы с судов также могут стать одной из причин загрязнения морской среды. Характер атмосферной циркуляции в арктических районах обеспечивает дальний перенос в арктическую атмосферу загрязняющих веществ из средних широт преимущественно в зимний период [9].

На уровень загрязнения донных отложений станций 3-8, располагавшихся в Кольском желобе, возможно, оказывает влияние поступление литодинамического материала (осадочных частиц) из восточных прибрежных районов. При проведении геоморфологического районирования шельфа Баренцева моря были выделены районы предположительного накопления и трассы возможного переноса осадка [10, 11]. Полагают [10], что через Кольский желоб в западном направлении – в Нордкинскую впадину (Дьюпренна), перемещается литодинамический материал с Канинской ступени (район расположения станций 9-15). Кольский желоб, вероятно, рассматривается как транзитная зона для осадочного вещества и ассоциированного с ним загрязнения. Барьеры на пути литодинамических потоков, которые могут быть представлены основанием подводных возвышенностей или подводными долинами, поперечными по отношению к направлению этих потоков, возможно, будут способствовать улавливанию части осадка, что может быть одной из причин загрязнения участков дна Кольского желоба.

Таким образом, результаты биотестирования свидетельствуют об относительно низких уровнях загрязнения южных районов Баренцева моря. Качество донных отложений в изученных районах соответствовало преимущественно категориям «хорошее» и «удовлетворительное». Плохое качество донных отложений зарегистрировали лишь на одной станции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 14688-22017. Геотехнические исследования и испытания. Идентификация и классификация грунтов. Часть 2. Классификация. М.: Изд-во Стандартиформ, 2017. 14 с
2. ГОСТ 31960-2012 Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricornerutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. М.: Изд-во Стандартиформ, 2014. 40 с
3. ГОСТ 31959-2012 Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных. М.: Изд-во Стандартиформ, 2014. 26 с.
4. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. М: Пищевая промышленность, 1979. 303 с.
5. Проблемы химического загрязнения Мирового океана. Т. 5: Эколого-токсикологические аспекты загрязнения морской среды / Под. ред. С.А. Патина. Л: Гидрометеиздат, 1985. 115 с.

6. Филенко О.В. Некоторые закономерности действия химических веществ на водные организмы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1990. 36 с.
7. Щербань Э.П., Арсан О.М., Шаповал Т.Н., Цветкова А.М., Пищолка Ю.К. Методика получения водных вытяжек из донных отложений для их биотестирования // Гидробиол. журн. 1994. Т. 30, № 4. С. 100-111.
8. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, М.Ю. Анциферов. Мурманск: ПИНРО, 2016. 260 с.
9. Голубева Н.И. Загрязненность атмосферы Арктики токсичными тяжелыми металлами / Биология и океанография Северного морского пути. Баренцево и Карское моря. М.: Наука, 2007. С. 173–190.
10. Зинченко А.Г. Геоморфологическая основа комплексных ландшафтно-геоэкологических исследований Баренцева моря / Опыт системных океанологических исследований в Арктике. М.: Научный Мир, 2001. С. 476-481.
11. Зинченко А.Г. Экологическая геоморфология Арктического шельфа Евразии // Записки Горного института. 2008. Т. 176. С. 41-45.

## ДИНАМИКА ПОСТУПЛЕНИЯ БЕРИЛЛИЯ-7 В РАСТЕНИЯ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

С.В. Дружинин, Г.П. Киселев Ю. Яковлев

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [druzhininserg@yandex.ru](mailto:druzhininserg@yandex.ru)

Естественный радионуклид бериллий-7 ( $^7\text{Be}$ ) образуется в основном в стратосфере и верхней тропосфере при взаимодействиях космических лучей с атомами азота и кислорода, когда происходят так называемые ядерные реакции скалывания. Скорость образования  $^7\text{Be}$  в атмосфере, как правило, зависит от потока и энергии космических лучей, проникающих сквозь магнитное поле Земли, а также от высоты, широты местности, и изменяется в соответствии с одиннадцатилетними циклами солнечной активности. После образования атомарный  $^7\text{Be}$  окисляется и быстро адсорбируется на аэрозолях субмикронного размера, затем он вместе с аэрозолями воздуха и атмосферными осадками попадает на земную поверхность и включается в компоненты природной среды. Период полураспада  $^7\text{Be}$  составляет 53,22 дня [1-4].

Определение активности  $^7\text{Be}$  в компонентах природных сред проводили методом гамма-спектрометрии по линии 477.7 КэВ с применением сцинтилляционного гамма-спектрометра «Прогресс-гамма» с программным обеспечением «Прогресс 2000» [5], так же заверку значений выполняли с использованием низкофонового полупроводникового гамма-спектрометра ORTEC (США) на основе коаксильного детектора GEM10P4-70 из особо чистого германия (HPGe), цифровой анализатор DSPEC LF, программное обеспечение MAESTRO-32.

Концепция исследования состоит в том, что бы зафиксировать поток  $^7\text{Be}$  на земную поверхность с аэрозолями воздуха и атмосферными осадками и установить динамику поступления радионуклида в растения.

Отбор проб аэрозолей воздуха проводили от 5 до 10 суток на фильтрующее полотно ФПП-15-1,5 с помощью фильтрационной установки. Атмосферные осадки отбирали на стационарной площадке в г. Архангельске, где в период их выпадения устанавливали надувной пластиковый бассейн площадью 1.8 м<sup>2</sup>. После сбора пробы фильтровали, фильтрат упаривали, счетный образец измеряли.

Опробование растений проводили как на стационарных пробных площадках, расположенных в 30-40 км от г. Архангельска, так и на временных пробных пунктах на территории Архангельской области, включая северные, приарктические и арктические районы, а так же на территории Республики Карелия, Вологодской области. Для исследований содержания, накопления и миграции  $^7\text{Be}$  в растениях отбирали пробы мхов (*Polytrichum sp.* и *Sphagnum sp.*), лишайников (*Cladonia sp.*), древесных растений из рода (*Betula, Alnus, Populus, Salix, Larix, Picea*), а так же пробы подстиляющих почв по генетическим горизонтам. Все места отбора проб фиксировали спутниковым навигатором GPS. Для приготовления счетных образцов пробы высушивали до воздушно-сухого состояния, чистили от посторонних предметов и частей других растений, делили на необходимые фрагменты - мхи и лишайники разрезали на части по морфологическим признакам и годам прироста, у древесных растений листья отделяли от ветвей, ветви – от стволов. Подготовленные счетные образцы измеряли в геометрии Маринелли на гамма-спектрометре «Прогресс-гамма». Значения активности  $^7\text{Be}$  пересчитывались по закону радиоактивного распада на день отбора проб. Все результаты измерений статистически обрабатывали. Погрешность измерений не превышала 10 - 15 %, что является допустимым.

Значения объемной активности  $^7\text{Be}$  за период с 2007 по 2017 годы в аэрозолях приземного воздуха варьировали в пределах от условного 0 до  $2.5 \text{ МБк/м}^3$ , в атмосферных осадках - от условного 0 до  $12.9 \text{ Бк/л}$  [6].

Поступление  $^7\text{Be}$  с аэрозолями воздуха и с атмосферными осадками неоднородно и связано с изменением физических параметров атмосферы, проявления деятельности циклонов и антициклонов. В период без осадков активность  $^7\text{Be}$  в аэрозолях приземного воздуха, как правило, возрастает, при наличии осадков, особенно интенсивных, резко снижается.

Над акваторией Белого и Баренцева морей отмечена тенденция снижения как активности  $^7\text{Be}$  в аэрозолях воздуха, так и количества самих аэрозолей при движении к высоким широтам [7], что, скорее всего, связано с интенсивным вымыванием аэрозолей атмосферными осадками.

Активность  $^7\text{Be}$  в атмосферных осадках зависит, в основном, от наличия аэрозолей в подбложном воздухе, содержащих радионуклид, а также от интенсивности и продолжительности осадков. Как правило, отмечается повышенная активность  $^7\text{Be}$  в начале выпадения осадков, при увеличении длительности их выпадения происходит спад активности радионуклида до значений ниже пределов обнаружения. Аэрозоли воздуха, с содержащимся в них  $^7\text{Be}$ , выступают ядрами конденсации атмосферных осадков в тропосфере, осадки выпадают, захватывая с собой аэрозоли из приземной атмосферы, происходит их вымывание из атмосферы. При интенсивных летних ливнях в первые минуты их выпадения были отмечены повышенные значения активности не только  $^7\text{Be}$ , но и короткоживущих продуктов распада радона, что приводило к повышению гамма-фона, постепенно снижающемся по мере распада радионуклидов [8], что так же свидетельствует о интенсивном вымывании аэрозолей воздуха, с содержащимися в них радионуклидами.

Не были выявлены зависимости активности радионуклида  $^7\text{Be}$  от форм осадков в виде снега или дождя, и те и другие, как правило, при определенных условиях могут характеризоваться высокой степенью вымывания аэрозолей из приземной атмосферы. В целом наблюдается тенденция увеличения активности радионуклида в весенне-летний период, что, вероятно, связано со стратосферно-тропосферным обменом воздушных масс.

Согласно проведенным исследованиям поступление радионуклида  $^7\text{Be}$  в растения (лиственные и хвойные породы деревьев, мхи) и кустистые лишайники происходит в период вегетации, к концу вегетационного периода значение удельной

активности  $^7\text{Be}$  максимально и в несколько раз превышает значения активности других гамма-активных радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ). Следовало бы ожидать резкого повышения активности  $^7\text{Be}$  в растениях в начале вегетационного периода в связи со снеготаянием и накопившимся за зимний период радионуклидом, однако такого явления не наблюдается, что, скорее всего, связано с тем, что таяние происходит достаточно постепенно, большая часть радионуклида распадается и в растения не поступает. С наступлением вегетационного периода происходит поступление радионуклида  $^7\text{Be}$  в растения. Далее поступление радионуклида в растения и его накопление в некоторых частях зависит от физиологических особенностей растений, интенсивности потока поступления радионуклида с аэрозолями и атмосферными осадками. Характерно то, что накопление в различных частях растений, таллома лишайников происходит неравномерно. Как правило, в верхних фотосинтезирующих частях мхов (*Polytrichum sp.* и *Sphagnum sp.*), и талломах лишайников (*Cladonia sp.*) наблюдаются наибольшие значения активности радионуклида  $^7\text{Be}$ , для древесных растений в целом отмечается повышение активности радионуклида от ствола через ветви к листьям. Отмечено, что у древесных растений, находящихся в одинаковых условиях произрастания на одной стационарной площадке, наблюдаются различия в накоплении радионуклида, так для ольхи (*Alnus*) характерны наибольшие значения активности  $^7\text{Be}$ , для березы (*Betula*) и ивы (*Salix*) значения активности, как правило, ниже, для осины (*Populus*) – еще ниже, что связано с физиологическими особенностями растений и продолжительностью их периода вегетации. Однако, закономерность распределения радионуклида  $^7\text{Be}$  в листовых древесных растениях сохранялась (в листьях – максимальная (до 500 Бк/кг), в ветвях – не более половины значений в листьях, в стволах – не более половины, чем в ветвях [9], причем в некоторые годы наблюдалась стабилизация, а в некоторых случаях спад значений активности радионуклида в стволах, то есть наблюдается процесс, когда распад радионуклида превышает его поступление). Для хвойных деревьев (*Picea*) наибольшие значения активности радионуклида  $^7\text{Be}$  характерны для ветвей второго и последующих порядков (до 220 Бк/кг), для хвои – в 10 раз ниже, причем наибольшие значения отмечались в хвое первого и текущего года жизни. Для лиственницы (*Larix*) распределение значений активности  $^7\text{Be}$  в целом совпадает с распределением, характерным для листовых деревьев – хвоя → ветви → ствол.

Такая же закономерность накопления  $^7\text{Be}$  наблюдалась в древесных растениях, отобранных на территории Архангельской области и Республики Карелия и других районах Северо-Запада России. Хотя продолжительность вегетационного периода для южной и северной части северной тайги Европейского Севера России отличаются, в целом существенные различия распределения активности  $^7\text{Be}$  в растениях не выявлены.

Исследования так же показали, что в различные вегетационные периоды максимальные значения активности  $^7\text{Be}$  неоднородны и зависят в большей степени не от продолжительности периода вегетации, а от потока поступления радионуклида  $^7\text{Be}$  с выпадающими атмосферными осадками и количеством дождливых дней [9]. Наблюдается положительная корреляционная зависимость максимальных значений активности  $^7\text{Be}$  в листьях березы (*Betula pendula*), накопившихся в течение вегетационного периода, от количества дней с осадками в течение этого вегетационного периода (рис. 1). Продолжительность вегетационных периодов с 2009 по 2018 гг. отличалась, поэтому для учета количества дождливых дней использовали такой показатель, как процент дней с осадками.

В среднем за период вегетации продолжительностью 110 дней наблюдается 70 дней с осадками, следовательно, за весь период вегетации выпадает  $^7\text{Be}$  с суммарной активностью 840 Бк/л, что при учете распада позволяет фиксировать до 650 Бк/кг  $^7\text{Be}$  в листьях.

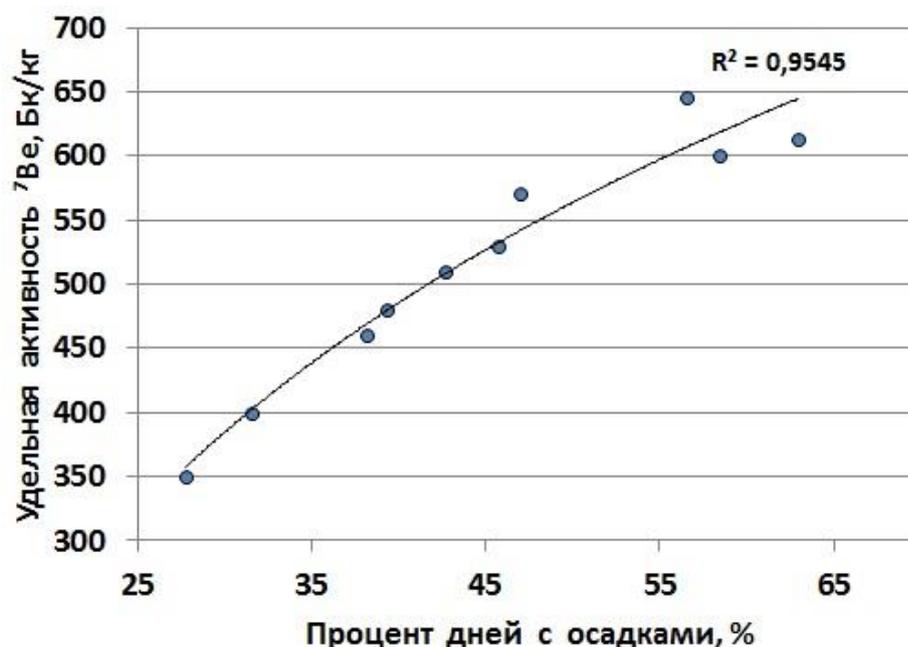


Рис. 1 – Отношение максимальных значений удельной активности <sup>7</sup>Be в листьях березы (*Betula pendula*) и процент дождливых дней за вегетационные периоды с 2009 по 2018 годы

Дополнительные экспериментальные работы, связанные с отдельным измерением тканей стволов и ветвей древесных растений, показали, что наибольшие значения активности <sup>7</sup>Be присущи лубу, коре и древесине содержали <sup>7</sup>Be на низком уровне. Таким образом, можно предположить, что большая часть <sup>7</sup>Be, выпадающего с осадками на поверхность, переносится из почвы по проводящим тканям к листьям, где и наблюдается накопление радионуклида.

Максимальное значение активности <sup>7</sup>Be за весь период наблюдений было зафиксировано в лишайниках рода *Cladonia sp.* (до 700 Бк/кг в верхней части таллома), однако удельная активность <sup>7</sup>Be зависит от местообитания и режима увлажнения. Так в летний засушливый период поступление практически не происходит (распад радионуклида превышает его поступление, удельная активность радионуклида постепенно падает), а при выпадении осадков активность <sup>7</sup>Be резко увеличивается.

Показано, поток поступления радионуклида <sup>7</sup>Be с атмосферными осадками превалирует над аэрозольным поступлением и зависит от физических параметров атмосферы. Накопление радионуклида <sup>7</sup>Be более интенсивно происходит в течение вегетационного периода в основном в вегетирующих частях растений (в верхней фотосинтезирующей части мхов, листьях древесных растений) и зависит от его потока на земную поверхность. Его активность к концу вегетационного периода в вегетирующих частях растений, как правило, превышает значения активности других радионуклидов. Установлено, что на приарктических территориях Европейского Севера России накопление <sup>7</sup>Be в растениях происходит неоднородно и в целом зависит от физиологических особенностей растений, их географического положения, климатических условий произрастания и длительности вегетационного периода.

*Экспедиционные исследования проведены в ходе выполнения государственного задания «Комплексные изотопно-геохимические исследования качества природной среды и идентификация процессов её трансформации на приморских территориях Европейского Севера в современности и в прошлом» (№ 0409-2019-0037 рег. номер НИОКТР АААА-А19-119011890018-3).*

*Аналитические и лабораторные исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 19-55-04001\_Бел\_мол\_а, № 18-05-60151).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arnold J.R. and Al-Salih H.A. Beryllium-7 produced by cosmic rays // Science, 1955. № 121. P. 451-453.
2. Koch D., Mann M. Spational and temporal variability of <sup>7</sup>Be surface concentrations. Tellus, 1996. 48B. P. 387–396.
3. Lal D., Peters B. Cosmic ray produced radioactivity on the earth. Handbuch der Physik, 1967, 46, P. 551-612.
4. Yoshimori M. Production and behavior of beryllium-7 radionuclide in the upper atmosphere //Advances in Space Research, 2005. V.36. P.922-926.
5. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». - Москва: ООО НТЦ «Амплитуда», 2016. – 12 с.
6. Дружинин С.В., Киселев Г.П. Бериллий-7 в приземной атмосфере и растениях на Северо-Западе России / Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик. 2017. С. 421-424.
7. Дружинин С.В., Киселев Г.П. Бериллий-7 в аэрозолях воздуха акватории Баренцева и Белого морей в июне-июле 2012 года / Юдахинские чтения. Геодинамика и экология Баренц-региона в XXI веке: материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск.2014. С. 78-82.
8. Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Быков В.М. Влияние короткоживущих радиоактивных изотопов на изменение гамма-фона во время осадков на Европейском Севере России / Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 123-129.
9. Дружинин С.В., Киселев Г.П. Особенности поступления радионуклида бериллий-7 в растения на приарктической территории Европейского Севера России / Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию. Материалы I международной молодежной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук. 2018. С. 142-145.

## МИКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*О.Н. Ежов, Р.В. Еришов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,  
г. Архангельск, olegezhik@gmail.com

Микологические исследования на территории Архангельской области были начаты более 15 лет назад. В настоящем сообщении подводятся итоги изучения афиллофоровых грибов и некоторых других групп агарикомицетов (собранных в результате попутных сборов) на этой территории, а также проводится предварительная структурно-таксономическая и экологическая характеристика выявленного видового состава.

До недавнего времени микобиота территории относилась к числу одной из наименее изученных в Российской Федерации. Скудные сведения о нахождении на

данной территории представителей афиллофоровых грибов имеются в определителях М. А. Бондарцевой, Э. Х. Пармасто (1986) и М. А. Бондарцевой (1998), а также ряде других публикаций (Kõljalg, 1996; Niemelä et al., 2001). В последние десятилетие были исследованы Кожозерский природный парк, где выявлено 176 видов из этой группы (Руоколайнен, 2006), Пинежский (долина р. Юрас) – 189 видов (Коткова, 2009) и Красноборский (бассейн реки Сетра) район – 197 видов (Коткова, 2014).

Начиная с 2004 г. исследования развернуты на территории заповедника «Пинежский», национального парка «Кенозерский», ландшафтного заказника «Мудьюгский», Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника, архипелага «Кийский», Вельского, Виноградовского, Плесецкого, Шенкурского, Котласского и Приморских районов. В сотрудничестве с национальным парком «Русская Арктика» проведены исследования на архипелаге Земля Франца Иосифа.

В настоящее время Архангельская обл. характеризуется высокой степенью изученности группы афиллофоровых грибов: в Ленинградской обл./Санкт-Петербурге известно 783 вида, Архангельской обл. – 560 видов и Республики Карелия – 520 видов. Пинежский заповедник относится к наиболее изученным федеральным ООПТ (333 вида), занимая по этому показателю 3-е место, уступая только Центральному-Лесному (411 видов) и Нижне-Свирскому (354 вида) заповедникам (Большаков и др., 2017).

На территории Архангельской обл. на данный момент известно более чем о 630 видах афиллофоровых грибов и порядка 120 видах из других систематических групп (Ежов, 2013 и неопубликованные данные). Наибольшее число видов отмечено для заповедника «Пинежский» (369 видов), Соловецкого архипелага (309 видов), Плесецкого района (Емцовский учебно-опытный лесхоз, окрестности ж/д станции Шелекса, 285 видов), Шенкурский района (293 вида) и национального парка «Кенозерский» (212 видов) (Ежов, Руоколайнен, 2016; Ежов, неопубликованные данные).

Наибольшее число видов отмечено на основных лесообразующих древесных породах – осине (246 видов), ели (225 вида), сосне (211 видов), березе (188 вида), лиственнице (132 вида) и пихте (71 вид). Несколько меньшее число видов отмечено на подлесочных породах – иве (127 видов), ольхе (125 видов), рябине (86 вида), можжевельнике (60 видов), черемухе (34 вида), жимолости (4 вида), смородине и спирее (по 1 виду).

К настоящему времени на территории области отмечено 53 вида, входящих, как в Красную книгу Архангельской обл., так и сопредельных территорий (Вологодская и Мурманская области, Республики Карелия и Коми): *Anomoporia albolutescens*, *A. bombycina*, *Antrodia crassa*, *A. mellita*, *A. pulvinascens*, *Aporpium caryae*, *Asterostroma laxum*, *Cantharellus cibarius*, *Ceriporiopsis resinascens*, *Clavariadelphus pistillaris*, *C. truncatus*, *Climacodon septentrionalis*, *Craterellus cornucopioides*, *Crustoderma longicystidium*, *Dentipellis fragilis*, *Dichomitus squalens*, *Diplomitoporus crustulinus*, *Favolus pseudobetulinus*, *Flaviporus citrinellus*, *Fomitopsis cajanderi*, *F. officinalis*, *Junghuhnia collabens*, *J. pseudozilingiana*, *Ganoderma lucidum*, *Gloeophyllum protractum*, *Gloiodon strigosus*, *Grifola frondosa*, *Haploporus odoratus*, *Hericium cirrhatum*, *H. coralloides*, *Kavinia alboviridis*, *Laetiporus sulphureus*, *Laurilia sulcata*, *Lentaria afflata*, *Leptoporus mollis*, *Oligoporus persicinus*, *Onnia tomentosa*, *Parmastomyces mollissimus*, *Peniophora septentrionalis*, *Perenniporia tenuis*, *Phellinidium sulphurascens*, *Phlebia coccineofulva*, *Polyporus umbellatus*, *P. hibernica*, *Punctularia strigosozonata*, *Руснопореллус албoluteus*, *P. fulgens*, *Radulodon erikssonii*, *Ramaria apiculata*, *Rigidoporus crocatus*, *Sidera lenis*, *Thelephora palmata* и *Tomentella crinalis*.

На территории Архангельской обл. в результате проведенных нами исследований зарегистрировано 46 индикаторных видов, из которых 30 являются

индикаторами старовозрастных и 16 – очень старых еловых и сосновых лесов (Kotiranta, Niemelä, 1996).

Таблица 1- Индикаторные виды афиллофоровых грибов на территории Архангельской области

Старовозрастные леса (30 видов)	Девственные леса (16 видов)
<i>Anomoporia bombycina, A. kamtschatica, Antrodia pulvinascens, Asterodon ferruginosus, Cabalodontia cretacea, Chaetoderma luna, Crustoderma dryinum, Fomitopsis rosea, Gloiodon strigosus, Gloeoporus taxicola, Inonotus leporinus, Junghuhnia luteoalba, Leptoporus mollis, Perenniporia subacida, Phaeolus schweinitzii, Phellinidium ferrugineofuscum, Phellopilus nigrolimitatus, Phellinus chrysoloma, Ph. lundellii, Ph. viticola, Postia guttulata, P. lateritia, P. leucomallella, P. sericeomollis, Porodaedalea pini, Pseudomerulius aureus, Pycnoporellus fulgens, Rhodonia placenta, Sistotremastrum suecicum, Skeletocutis odora</i>	<i>Amylocystis lapponica, Antrodia albobrunnea, A. crassa, Crustoderma corneum, Cystostereum murraini, Dichomitus squalens, Diplomitoporus crustulinus, Junghuhnia collabens, Flaviporus citrinellus, Gloeophyllum protractum, Laurilia sulcata, Phlebia centrifuga, Postia hibernica, Sidera lenis, Skeletocutis jelicii, S. stellae</i>

Полученная сумма в 62 балла по шкале скандинавских микологов свидетельствует об особой ценности лесных массивов области.

На наш взгляд, для лесов севера Русской равнины необходимо дополнить и расширить список индикаторных видов афиллофоровых грибов. Необходимость связана с наличием в древостоях лиственницы, пихты, осины, березы и ивы. Разработку такой шкалы необходимо проводить для всей территории севера Русской равнины с учетом региональных особенностей.

На наш взгляд, в такой список применительно к Архангельской обл. необходимо включить *Amylocorticium subsulphureum*, который встречается в частности на осине, *Amylostereum chailletii* (лиственница, сосна), *Athelia epiphylla* (лиственница, осина), *Antrodia macra* (осина), *A. mellita* (осина), *A. ramentacea* (сосна), *Fomitopsis officinalis* (лиственница), *F. cajanderi* (ель, лиственница), *Inonotopsis subiculosa* (ель), *Kavinia alboviridis* (осина, береза), *Laetiporus sulphureus* (сосна, лиственница, ива), *Haploporus odoratus* (ива), *Neofavolus alveolarius* (осина), *Oligoporus persicinus* (ель), *Osteina obducta* (лиственница), *Охуропорус обдученс* (осина), *Phlebia coccineofulva* (береза), *Ph. ochraceofulva* (осина), *P. pseudobetulinus* (осина), *Postia ceriflua* (сосна), *P. ptychogaster* (лиственница), *P. rennyi* (лиственница, сосна), *Pycnoporellus alboluteus* (ель), *Rigidoporus crocatus* (береза), *Radulodon erikssonii* (береза, осина).

Индикаторные виды наиболее чувствительны к изменениям лесной среды, поэтому требуют продолжения мониторинга и определенного режима охраны.

Микологические исследования на территории национального парка «Русская Арктика» (архипелаг Земля Франца Иосифа), расположенного в зоне полярных пустынь, активно проводились в последнее пятилетие. Биота на данной территории представляет собой уникальный природный комплекс, сформировавшийся на полярном пределе жизни. Макромицеты в примитивных перигляциальных экосистемах этой зоны играют существенную роль, регулируя влагообеспеченность водорослевых матов, разлагая тонкий слой моховой дернины и формируя эктомикоризу полярных ив и дриад (Матвеева и др., 2015). По сравнению со многими другими группами живых организмов, они изучены недостаточно и очень неравномерно.

Первые микологические сборы на архипелаге были выполнены Гарри Фишером (H. Fischer) в 1895–1896 гг. в экспедиции Джексона–Хармсуорта 1894–1897 гг. (Каратыгин и др., 1999). В работе Линда (Lind, 1934) приводятся данные о 6 видах

нелихенизированных сумчатых грибов – *Davidiella allicina*, *Didymella glacialis*, *Lewia scrophulariae*, *Mycosphaerella recutita*, *Selenophoma drabae*, *Septoria punctoidea*, найденных на различных сосудистых растениях. Позднее при обработке сборов лишайников Л. И. Савича был определен ряд видов лихенофильных сумчатых грибов: *Dactylospora rinodinicola*, *Pronectria solorinae* (Zhurbenko, Santesson, 1996), *Odontotrema santessonii* (Diederich et al., 2002) и *Arthonia pannariae* (Zhurbenko, Grube, 2010). Во время экспедиции 1994 г. на о-вах Галля (м. Тегетхоф), Нортбрука (м. Флора), Кейна было найдено 40 видов психрофильных олиготрофных анаморфных грибов, из них 13 видов было определено лишь до рода (Bergero et al., 1999). Данные о базидиальных грибах (Basidiomycota) до последнего времени были менее представительны. Имелись данные о находке ржавчинного гриба *Melampsora epitea* на листьях *Salix polaris* (Каратыгин и др., 1999).

Первые находки грибов рода *Galerina* были сделаны Л. С. Говорухой в 1957 г. на о-вах Винер-Нейштадт (м. Васильева) и Чампа, а также В. Д. Александровой в 1959 г. на о. Земля Александры. В 2011 г. на о. Земля Александры, на завезенной в 1975 г. древесине (бревна осины) были отмечены интересные находки – обнаружены плодовые тела *Trametes ochracea* и *Funalia trogii* (Ежов и др., 2012).

За годы исследований список агарикомицетов на территории архипелага пополнился новыми видами: *Arrhenia auriscalpium*, *A. lobata*, *A. obatra*, *A. rickenii*, *A. spathulata*, *Clitocybe dryadicola*, *C. festiva*, *Cortinarius decipiens*, *C. obtusus*, *C. polaris*, *Galerina arctica*, *G. pumila*, *G. tibiicystis*, *G. subclavata*, *G. vittiformis*, *Hebeloma gigaspermum*, *H. marginatulum*, *H. remyi*, *Lichenomphalia alpina*, *L. velutina*, *P. montana*, *Naucoria salicis*, *Pseudoomphalina pachyphylla*, *Psilocybe coprophila*, *L. umbellifera* и 2 видами пециномицетов – *Peziza arenaria*, *P. cerea*.

К настоящему времени на территории ЗФИ (15 островов) имеются данные о 99 видах высших грибов, принадлежащих к отделам Ascomycota (74 вида) и Basidiomycota (25 видов). Они образуют микоризу с полярной ивой, развиваются в качестве биотрофов на сухих и отмерших частях лишайников, мхов и сосудистых растений, часть видов встречаются в почве в качестве гумусовых сапротрофов.

Все годы изучения афиллофороидных грибов на территории Архангельской обл. сопровождалось накоплением данных по представителям других групп агарикомицетов и сумчатых макромицетов.

Отмечены 22 вида аскомицетов (*Aleuria aurantia*, *Chlorociboria aeruginascens*, *Daldinia concentrica*, *Hypoxylon fuscum*, *Otidea onotica*, *Peziza echinospora*, *Rhizina undulata* и др.), 5 видов дакримицетов (*Calocera cornea*, *C. furcata*, *C. viscosa*, *Cerinomyces crustulinus*, *Dacrymyces chrysocomus*) и 86 видов агарикомицетов (*Armillaria borealis*, *Exidia cartilaginea*, *Exidiopsis calcea*, *Kuehneromyces mutabilis*, *Lactarius deliciosus*, *L. deterrimus*, *L. flexuosus*, *L. helvus*, *L. torminosus*, *Leccinum aurantiacum*, *L. scabrum*, *Lycoperdon mammiforme*, *Merismodes anomala*, *Pseudohydnum gelatinosum*, *Russula claroflava*, *R. paludosa*, *R. vesca*, *Suillus grevillei*, *S. luteus*, *S. variegatus* и др.).

Исследования проводились в рамках ФНИР Института биогеографии и генетических ресурсов Федерального исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН «Структура и изменчивость популяций лесных сообществ на приарктических территориях Севера Русской равнины» (№ 0409-2015-0141).

Настоящее исследование состоялось благодаря помощи и содействию И.В. Змитровичу (ботанический институт им. В.Л. Комарова БИН РАН), А.В. Руоколайнен (Институт леса КарНЦ РАН), Д.А. Косолапова (Институт биологии Коми НЦ РАН), Л.В. Пучниной (ФГБУ «Заповедник «Пинежский»), М.В. Гаврило. Всем им авторы чрезвычайно признательны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков С.Ю., Волобуев С.В., Ежов О.Н., Потапов К.О. Чек-лист афиллофороидных грибов Европейской части России: первые результаты // Современная микология в России. Том 6 / Ред. Ю. Т. Дьяков, Ю. В. Сергеев. М.: Нац. акад. микол., 2017. С. 120–122.
2. Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые; Вып. 2: Семейства альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые (виды с порообразным гименофором), лахнокладиевые (виды с трубчатым гименофором), полипоровые (роды с трубчатым гименофором), пориевые, ригидопоровые, феоловые, фистулиновые. СПб.: Наука, 1998. 391 с.
3. Бондарцева М.А., Пармасто Э.Х. Определитель грибов СССР. Порядок Афиллофоровые. Вып. 1: Семейства гименохетовые, лахнокладиевые, кониофоровые, щелелистниковые. Л.: Наука, 1986. 192 с.
4. Ежов О.Н., Руоколайнен А.В. Видовое разнообразие афиллофоровых грибов Валаамского и Соловецкого архипелагов (Архангельская область, Республика Карелия) // Труды Карельского НЦ РАН. 2016. № 1. С. 68–83.
5. Ежов О.Н. Афиллофоровые грибы Архангельской области. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 276 с.
6. Ежов О.Н., Ершов Р.В., Змитрович И.В. О находках базидиомицетов в условиях арктической пустыни (Земля Франца-Иосифа) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический, 2012. Т. 117. Вып. 4. С. 81–83.
7. Каратыгин И.В., Нездоймино Э.Л., Новожилов Ю.К., Журбенко М.П. Грибы Российской Арктики. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии, 1999. 212 с.
8. Коткова В.М. Афиллофоровые грибы (Basidiomycota) в лесных экосистемах бассейна реки Сетра (Архангельская область) // Новости систематики низших растений. 2014. Т. 48. С. 130–145.
9. Коткова В.М. Афиллофороидные грибы в лесных экосистемах бассейна реки Юрас (Архангельская область) // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43, вып. 2. С. 114–124.
10. Растения и грибы полярных пустынь северного полушария / Отв. ред. докт. биол. наук Н.В. Матвеева. СПб: МАРАФОН, 2015. 320 с.
11. Руоколайнен А.В. Афиллофороидные грибы // Природа и историко-культурное наследие Кожозерья. Под ред. В.А. Ефимова. Архангельск: УрО РАН, 2006. С. 57–75.
12. Bergero R., Girlanda M., Varese G.C., Intilt D., Luppi A.M. Psychrooligotrophic fungi from Arctic soils of Franz Joseph Land // Polar Biology. 1999. N 21. P. 361–368.
13. Diederich P., Zhurbenko M., Etayo J. The lichenicolous species of *Odontotrema* (syn. *Lethariicola*) (Ascomycota, Ostropales) // Lichenologist. 2002. Vol. 34. N 6. P. 479–501.
14. Kõljalg U. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in Temperate Eurasia. Oslo: Fungiflora, 1996. 213 p.
15. Kotiranta H., Niemelä T. Uhanalaiset käävät Suomessa. Tonien, uudistettu painos. Helsinki: S. Y. E., 1996. 184 p.
16. Lind J. Studies on the geographical distribution of arctic circumpolar micromycetes // Det. Kgl. Danske Videns. Selsk. Biol. Medd. 1934. Vol. 11. N 2. P. 1–152.
17. Niemelä T., Kinnunen J., Lindgren M., Manninen O., Meittinen O., Penttilä R., Turunen O. Novelty and records of poroid Basidiomycetes in Finland and adjacent Russia // Karstenia, 2001. Vol. 41. P. 1–21.

18. Zhurbenko M.P., Grube M. *Arthonia pannariae* (Arthoniaceae, Arthoniales), a new lichenicolous fungus from northern Holarctic // *Graphis Scripta*. 2010. Vol. 22. P. 47–51.
19. Zhurbenko M.P., Santesson R. Lichenicolous fungi from the Russian Arctic // *Herzogia*. 1996. Vol. 12. P. 147–161

## РАЗРАБОТКА НОВОГО АЛГОРИТМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НАД СУШЕЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО РАДИОТЕПЛОВОГО МОНИТОРИНГА

*Д.М. Ермаков<sup>1</sup>, В.Д. Поляков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Фрязино, [dima@ire.rssi.ru](mailto:dima@ire.rssi.ru)

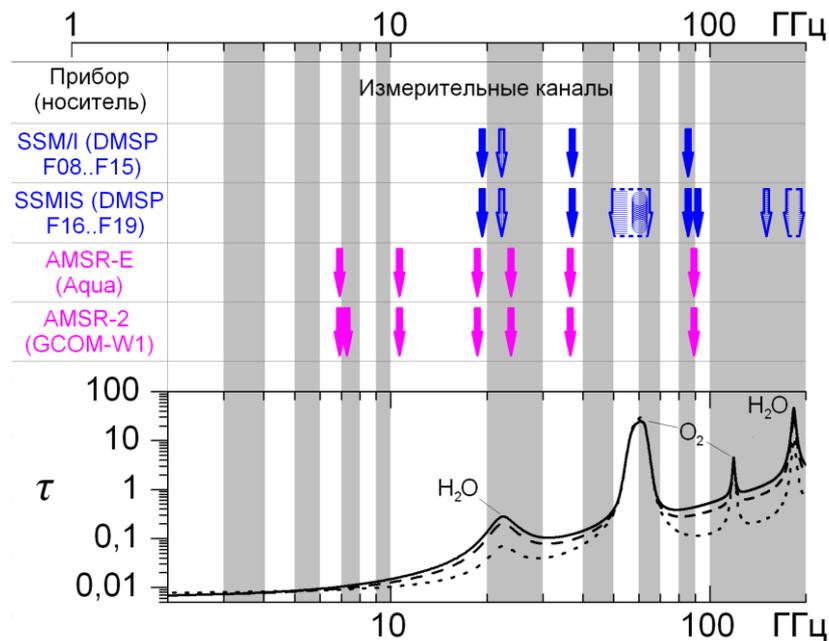
<sup>2</sup> МБОУ МО «г.Архангельск» «Гимназия № 25», г. Архангельск

Интегральное влагосодержание атмосферы (полная масса водяного пара в вертикальном столбе единичной площади основания, ИВС) – один из ключевых геофизических параметров для исследования и прогнозирования развития атмосферных процессов (в том числе, катастрофического характера) и климатических вариаций. Наиболее эффективным средством регулярного мониторинга поля ИВС в планетарных масштабах является спутниковое радиотепловое зондирование. Как известно, современные инструментальные средства наблюдения и алгоритмы обработки дистанционных данных обеспечивают приемлемую точность восстановления ИВС атмосферы над океаном [1-3]. Значительно более серьезные проблемы возникают при восстановлении ИВС над сушей. Они обусловлены многообразием и сравнительно худшей изученностью излучательных и рассеивающих свойств суши по сравнению с океаном, а также, отчасти, существенными перепадами высот, меняющими оптическую толщину и вертикальную структуру атмосферы.

В последнее время предложены алгоритмы восстановления ИВС над сушей на основе анализа поляризационных контрастов на нескольких частотах микроволнового диапазона [4, 5]. Эти алгоритмы сравнительно успешно применены для обработки длинных рядов данных измерений приборами AMSR-E (Aqua) и AMSR2 (GCOM-W1). Построены многолетние массивы суточных полей ИВС над сушей.

К сожалению, предложенный в этих работах подход не применим для обработки архивных и оперативных данных спутниковых радиометров серии SSM/I и SSMIS миссии DMSP (США) вследствие невозможности измерения поляризационного контраста в канале 22 ГГц (Рис. 1).

В то же время, одних только данных AMSR-E и AMSR2 не достаточно для решения ряда важных практических задач, в частности, получения глобальных полей ИВС без пропусков данных, обусловленных расхождением полос сканирования полярно-орбитальных спутников в нижних широтах, а также восстановления по этим данным внутрисуточной атмосферной динамики [6]. Данные SSM/I и SSMIS образуют непрерывную продолжающуюся серию измерений, охватывающую уже более чем тридцатилетний интервал времени, и привлечение их к анализу геофизических атмосферных полей над сушей является крайне актуальной задачей радиофизических атмосферных исследований. Целью настоящей работы является предварительный анализ возможного подхода к решению этой задачи применительно к восстановлению ИВС атмосферы над сушей. В течение этого времени на орбите функционировали спутниковые радиометры серии SSM/I и SSMIS на носителях DMSP с F13 по F18.



Заполненные стрелки – измерения на горизонтальной и вертикальной поляризациях; штриховка – на вертикальной/горизонтальной/круговой поляризации соответственно

Рис. 1 – Расположение измерительных радиометрических каналов SSM/I, SSMIS, AMSR-E/2 и характерные спектры оптической толщины атмосферы  $\tau$

Таким образом, возникает возможность совместного анализа больших выборок квазисинхронных, совмещенных по пространству радиометрических измерений SSM/I (SSMIS) и оценок ИВС по данным AMSR-E/2. Такой анализ дает принципиальную возможность построения модели, которая связывает измерения SSM/I (SSMIS) с известными оценками ИВС над сушей на репрезентативной выборке и в дальнейшем может быть применена ко всем архивным и оперативным данным SSM/I (SSMIS). Вследствие существенно нелинейной связи между измеряемыми радиояркими температурами и ИВС одной из наиболее перспективных представляется разработка на базе искусственной нейронной сети (ИНН).

Как отмечено выше, радиометрической информации SSM/I (SSMIS) заведомо недостаточно для успешного восстановления ИВС. Поэтому необходимо проанализировать задачу с точки зрения минимальной совокупности входных данных, потенциально способной обеспечить приемлемое по точности решение. В работе [4] выражение для ИВС получено в форме:

$$Q = c_1 + c_2 T_s + \frac{A_{vd}}{c_3} (c_4 + c_5 \exp(-H)) + c_6 \ln \frac{\Delta T_b(89.0)}{\Delta T_b(36.0)}, \quad (1)$$

где  $Q$  – значение ИВС в  $\text{кг}/\text{м}^2$  (мм). Сумма в правой части состоит из следующих слагаемых. Первое,  $c_1$  – константа. Второе слагаемое состоит из постоянного коэффициента  $c_2$  и эффективной температуры приземного воздуха  $T_s$ . В отличие от  $c_1$  и  $c_2$  величина  $T_s$  испытывает суточный ход и может существенно отличаться для времени измерений AMSR-E/2, по которым восстановлены значения  $Q$ , и радиоярких температур SSM/I (SSMIS) для тех же областей.

В первом приближении можно считать, что суточный ход  $T_s$  описывается гармоническим законом, и ее изменение определяется единственной переменной – временем суток. Поэтому в совокупность входных данных следует включить разницу

во времени между измерениями AMSR-E/2 и SSM/I (SSMIS). Третье слагаемое определяется константами  $c_3$ ,  $c_4$ ,  $c_5$ , а также эффективной оптической толщиной атмосферы  $A_{vd}$  и возвышением поверхности над геоидом  $H$ . Величину  $H$  можно считать постоянной для данной точки измерений и плавно меняющейся по пространству (при пятне разрешения диаметром около 25 км). Совокупность входных данных следует, таким образом, дополнить либо информацией цифровой модели рельефа, либо, в предельно упрощенном подходе, географическими координатами измерений. Величина  $A_{vd}$  в работах [4, 5] оценивается из поляризационных радиояркостных контрастов на частотах 23,8 и 18,7 ГГц, и именно расчет ее аналога невозможен непосредственно по данным SSM/I (SSMIS). Четвертое слагаемое описывает влияние облачности и определяется коэффициентом  $c_6$  и отношением поляризационных радиояркостных контрастов на частотах 89,0 и 36,0 ГГц. По данным SSM/I (SSMIS) возможен расчет аналогичного отношения на близких частотах 85,5 и 37,0 ГГц. Представляется разумным включить в совокупность входных данных в качестве одной из переменных величину

$$\ln \frac{\Delta T_b(85,5)}{\Delta T_b(37,0)}.$$

Следует также отметить, что константы  $c_1, \dots, c_6$ , вообще говоря, различаются для восходящей и нисходящей полуорбит, а их оптимальные значения в работах [4, 5] получены для набора частотных каналов AMSR-E/2. Предполагается, что компенсация отличий этих значений применительно к измерениям SSM/I (SSMIS) будет осуществлена автоматически в ходе обучения модели. При этом к совокупности входных данных следует добавить признаки типов узлов обеих орбит (восходящий/нисходящий) для сопоставляемых измерений AMSR-E/2 и SSM/I (SSMIS).

Данные калиброванных радиометрических измерений SSM/I над сушей представлены в открытом доступе на серверах NOAA, США (<https://www.ncei.noaa.gov/data/ssmis-brightness-temperature-rss/access>) в файлах формата netcdf, снабженных географической и временной привязками. Продукты обработки измерений AMSR-E/2, включающие поля ИВС над сушей, доступны через сайт Университета Монтаны, США ([https://files.ntsg.umt.edu/data/LPDR\\_v2/](https://files.ntsg.umt.edu/data/LPDR_v2/)). Поля построены на равноплощадной географической сетке с шагом 25 км. Данные сгруппированы посуточно и записаны в файлы в формате geotiff.

Для обучения модели были отобраны серии максимально синхронных данных, соответствующие наблюдениям SSM/I F15 и AMSR-E в интервале с 20.06.2002 по 31.12.2003 (<http://www.remss.com/support/crossing-times/>). Разница в местном времени восходящего узла DMSP F15 и нисходящего узла Aqua (и наоборот) составляла около 4 часов (измерения SSM/I опережали измерения AMSR-E). Взаимная пространственная привязка осуществлялась путем усреднения значений ИСВ по данным AMSR-E, удаленным не более чем на 25 км от соответствующей точки измерений SSM/I. В итоге был сформирован длинный массив записей совмещенных данных. Каждая запись содержала усредненное значение ИВС, радиояркостные температуры в семи каналах SSM/I, широту и долготу места измерений, дату и время измерений (SSM/I), разницу во времени с наблюдениями AMSR-E, признаки типов узлов орбит DMSP F15 и Aqua. Построенный массив записей позволяет формировать обучающие и тестовые выборки.

Существенным вопросом является архитектура ИНН, лежащей в основе обучаемой модели. Число нейронов входного слоя должно соответствовать числу входных параметров. При этом набор входных параметров не обязательно совпадает с набором значений в записях сформированного ранее массива. Так, например, радиояркостные температуры могут быть для более эффективного обучения заменены или дополнены выражениями типа поляризационных контрастов (логарифмов

отношения разностей радиоярких температур в разных каналах). Выходной слой ИНН содержит 251 нейрон для отображения значений ИВС в целочисленных кодах в диапазоне 0...250 по аналогии с представлением данных в Remote Sensing Systems (<http://www.remss.com/>). Для перехода к значениям ИСВ в кг/м<sup>2</sup> их необходимо умножить на коэффициент 0,3. Число скрытых слоев и нейронов в них должно быть оптимизировано экспериментально с использованием генетических алгоритмов.

Программная реализация осуществляется на базе среды разработки Jupyter Notebook и открытых библиотек моделирования ИНН: Keras, Tensorflow.

В работе предложена и проанализирована возможность реализации обучаемой модели для восстановления интегрального влагосодержания атмосферы над сушей по данным спутниковых радиометров SSM/I, SSMIS. Модель основана на применении технологий искусственных нейронных сетей и совместном анализе больших квазисинхронных массивов данных измерений SSM/I, SSMIS и продуктов обработки данных AMSR-E, AMSR2. Основанием для такой разработки является успешный опыт восстановления ИВС над сушей по данным AMSR-E/2. Анализ полученной в работе [4] параметрической связи между радиояркими температурами и значениями ИВС показывает принципиальную возможность построения обучаемой модели для работы с данными SSM/I, SSMIS при некоторых дополнительных предположениях о независимых параметрах и/или с использованием сторонней информации (в частности, сглаженной цифровой модели рельефа с пространственным шагом около 25 км).

Поиск оптимального решения должен быть осуществлен на основе подбора оптимальной ИНН, обеспечивающей наилучшие результаты на обучающих контрольных выборках, формируемых по совмещенным данным SSM/I и AMSR-E.

Следует отметить, что реализуемая модель может быть также применена для обработки данных отечественного спутникового радиометра МТВЗА-ГЯ [7]. Его преимуществом перед SSM/I является наличие всех необходимых радиометрических каналов, соответствующих каналам AMSR-E/2. В то же время технические аспекты калибровки могут быть автоматически разрешены в процессе обучения ИНН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутуза Б.Г., Данилычев М.В., Яковлев О.И. Спутниковый мониторинг Земли: Микроволновая радиометрия атмосферы и поверхности. М.: ЛЕНАНАД. 2016. 336 с.
2. Шарков Е.А. Радиотепловое дистанционное зондирование Земли: физические основы: в 2 т. Т. 1. М.: ИКИ РАН, 2014. 544 с.
3. Wentz F. A well-calibrated ocean algorithm for Special Sensor Microwave/Imager // Journal of Geophysical Research. 1997. V. 102. N. C4. P. 8703-8718.
4. Du J., Kimball J.S., Jones L.A., Kim Y., Glassy J., Watts J.D. A global satellite environmental data record derived from AMSR-E and AMSR2 microwave Earth observations // Earth System Science Data. 2017. V. 9. N. 2. P. 791-808.
5. Jones L.A., Ferguson C.R., Kimball J.S., Zhang K., Chan S.T.K., McDonald K.C., Njoku E.G., Wood E.F. Satellite microwave remote sensing of daily land surface air temperature minima and maxima from AMSR-E // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2010. V. 3. N. 1. P. 111-123.
6. Ermakov D.M., Sharkov E.A., Chernushich A.P. A multisensory algorithm of satellite radiothermography // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2016. V. 52. N. 9. P. 1172-1180.
7. Болдырев В.В., Горобец Н.Н., Ильгасов П.А., Никитин О.В., Панцов В.Ю., Прохоров Ю.Н., Стрельников Н.И., Стрельцов А.М., Черный И.В., Чернявский Г.М., Яковлев В.В. Спутниковый микроволновый сканер/зондировщик МТВЗА-ГЯ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. В. 5. Т. 1. С. 243-248.

## ВОЗМОЖНОСТИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНЫХ РЕК В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Д.М. Ермаков, А.П. Чернушич

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Фрязино, dima@ire.rssi.ru

Арктика традиционно рассматривается в качестве одной из природных зон, наиболее чувствительных к климатическим изменениям. Эти изменения могут иметь здесь многолетний кумулятивный эффект, усиливаемый положительными обратными связями, в частности, обусловленными динамикой ледяного покрова. В то же время эта динамика демонстрирует сложный колебательный характер, что свидетельствует о важности большого ряда внешних переменных факторов, среди которых заметную роль играет обмен энергией с зонами более низких широт, осуществляемый в основном через океан и атмосферу.

Существенной составляющей атмосферного энергетического бюджета является скрытое тепло – потенциальная энергия конденсации атмосферного водяного пара. Соответственно, перераспределение водяного пара в атмосфере оказывается одним из важнейших механизмов атмосферного энергообмена. Исследования последней четверти века показывают, что этот механизм действует неравномерно в пространстве и времени. На фоне общей атмосферной циркуляции, в среднем представляющей из себя систему нескольких крупномасштабных ячеек, формируются и разрушаются так называемые атмосферные реки, осуществляющие быстрый перенос скрытого тепла из тропиков в высокие широты [1, 2].

Детектировать проявления атмосферных рек в полях геофизических параметров атмосферы возможно с помощью спутниковой радиометрии, а рассчитывать их динамические и энергетические параметры – с помощью предложенного авторами подхода спутникового радиотепловидения [3]. В настоящей работе рассмотрены некоторые возможности, особенности и проблемные аспекты этого подхода при исследовании атмосферных рек в высоких широтах.

В основу анализа атмосферной динамики в рамках спутникового радиотепловидения положен метод оценки и компенсации движения. Он, в частности, позволяет по временной последовательности двумерных (интегральных по высоте) полей геофизических параметров атмосферы восстанавливать векторное поле адвекции (горизонтальных скоростей), описывающее переход атмосферы из одного наблюдаемого состояния в другое. Это, в свою очередь, дает возможность расчета (в линейном приближении) промежуточных состояний атмосферы, а также потоков скрытого тепла (если в качестве геофизического параметра выбрано интегральное влагосодержание) и других динамических и энергетических характеристик.

В рамках метода принимается предположение, что эволюция поля некоторого геофизического параметра  $I(\vec{r}, t)$  во времени удовлетворительно описывается некоторым полем скоростей  $\vec{v}(\vec{r}, t)$ , вычисление которого осуществляется методом последовательных приближений:

$$\vec{v}^{(0)}(\vec{r}, t) = 0, \quad \vec{v}^{(i)}(\vec{r}, t) = \vec{v}^{(i-1)}(\vec{r}, t) + \vec{u}^{(i)}(\vec{r}, t). \quad (1)$$

Итерационная поправка на  $i$ -м шаге задается условием

$$\vec{u}^{(i)}(\vec{r}, t) = \arg \min_{\vec{u}} \sum_{\vec{r}_j \in \Omega_i(\vec{r})} \left| \nabla I(\vec{r}_j, t) \cdot \vec{u} + \frac{\partial I(\vec{r}_j, t)}{\partial t} \right|, \quad (2)$$

смысл которого состоит в подборе вектора движения, максимально правдоподобно описывающего перемещение окрестности анализируемой точки между двумя последовательно наблюдаемыми состояниями атмосферы [4]. Сначала для обеспечения устойчивости решения рассматриваются области большого диаметра, а затем для достижения высокой детальности диаметр областей последовательно сокращается:

$$\Omega_i(\vec{r}) = \left\{ \vec{r}_j : |\vec{r}_j - \vec{r}| \leq \frac{d}{2^i} \right\}. \quad (3)$$

В текущей реализации алгоритм работает на регулярной координатной сетке с шагом  $0,25^\circ$  по широте и долготе (расстояние между узлами может быть увеличено до  $0,125^\circ$  при наличии достаточного объема данных более высокого пространственного разрешения). При исходной периодичности обзора солнечно-синхронными спутниками в 12 часов достигается шаг интерполяции по времени до 1,5 часов.

### РАСЧЕТ ПОТОКОВ СКРЫТОГО ТЕПЛА

Восстановление синхронных полей интегрального влагосодержания  $W(\vec{r}, t)$  и скорости адвекции  $\vec{v}(\vec{r}, t)$  позволяет осуществлять расчет потока скрытого тепла через заданные контуры. Поток через элемент контура длины  $dl$  равен

$$dQ = q \cdot W \cdot (\vec{v}, \vec{n}) \cdot dl, \quad (4)$$

где  $\vec{n}$  – нормаль к элементу контура, скобочное выражение означает скалярное произведение. Полный поток через произвольный контур, задаваемый набором вершин  $C_i$ , рассчитывается численным интегрированием выражения (4) в кусочно-линейном приближении. В качестве примера на Рис. 1 приведены схема и результат расчета мощности меридионального потока скрытого тепла между Гренландией и Скандинавским полуостровом на широте  $70^\circ$  за 2014 год с шагом по времени 6 часов.

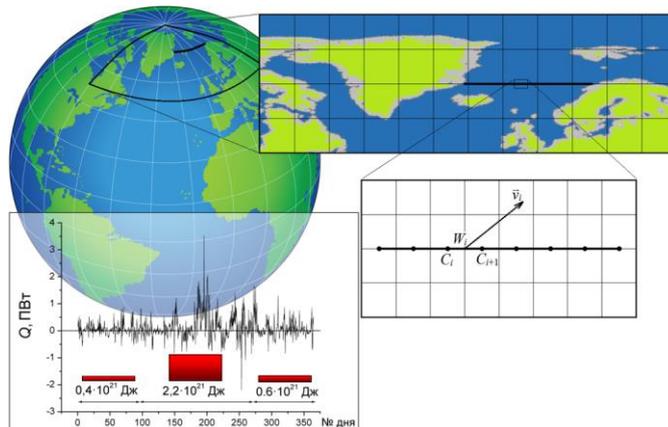


Рис. 1 – Расчет мощности меридионального потока скрытого тепла в высоких широтах

В верхней части рисунка схематично показан выбранный контур для расчета потока. Он соединяет восточное побережье Гренландии с северной оконечностью Скандинавского полуострова на широте  $70^\circ$ . Интерполированные поля интегрального влагосодержания и соответствующие им поля адвекции были использованы для численного интегрирования выражения (3) по узловым точкам контура. Временной ход суммарной мощности потока представлен на графике в нижней левой части

изображения. Положительным значениям мощности соответствует перенос скрытого тепла на север. Видно, что перенос имеет ярко выраженный сезонный ход. В теплое время года он возрастает, и суммарная перенесенная энергия составляет около  $2,2 \cdot 10^{21}$  Дж, более чем вдвое превосходя суммарную энергию, переносимую в холодное время года. Следует отметить, что этой энергии по порядку величины достаточно для плавления зимнего ледяного покрова Арктики.

Детализация по времени может быть дополнена детализацией по пространству путем варьирования контуров интегрирования (их положения, конфигурации и длины). На Рис. 2 приведен пример расчета меридиональных потоков скрытого тепла внутри и вне атмосферной реки над Северной Атлантикой за 21.10.2016.

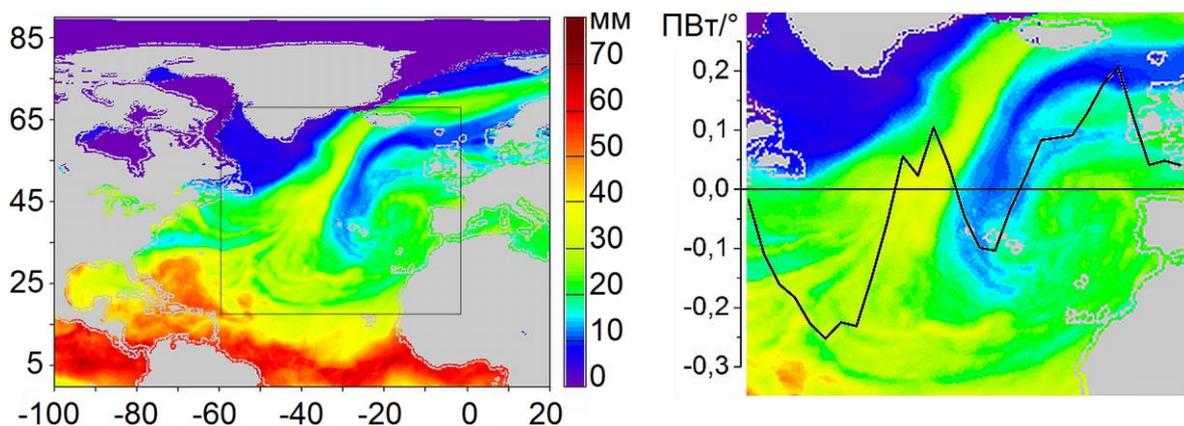


Рис. 2 – Расчет меридионального потока, скрытого внутри и вне атмосферной реки (см. пояснения в тексте)

Слева на Рис. 2 изображен фрагмент поля интегрального влагосодержания атмосферы (цветовая шкала значений в мм у правого края фрагмента); по периметру даны географические координаты в градусах. Серой рамкой выделена область анализа, которую в направлении с юго-запада на северо-восток пересекает атмосферная река. Справа на Рис. 2 та же область анализа показана более крупно. На уровне  $45^\circ$  северной широты установлена граница для расчета меридионального потока скрытого тепла. Удельная мощность потока (в ПВт на градус долготы) показана в виде графика, нулевой уровень которого для наглядности графически совмещен с выбранной границей. Положительные значения потоков означают перенос скрытого тепла на север. Как видно, на оси атмосферной реки достигается один из локальных максимумов переноса, составляющий около  $0,1$  ПВт/ $^\circ$ . Для сравнения суммарная мощность вырабатываемой в мире электроэнергии составляет величину порядка  $0,01$  ПВт.

Одним из недостатков описанной выше реализации алгоритма динамики атмосферы применительно к Арктике является возрастание проективных искажений с ростом широты на выбранной регулярной сетке узлов. Действительно, градусная мера дуги, соответствующей одинаковому расстоянию вдоль параллели на поверхности Земли, увеличивается пропорционально  $\sec \theta$ , где  $\theta$  – выраженная в радианах широта. Вследствие этого, геофизические поля, представленные на сетке с регулярным угловым шагом, оказываются горизонтально растянутыми в высоких широтах, и области, соответствующие характерному радиусу корреляции наблюдаемых процессов, оказываются составленными из существенно большего числа узлов, чем на экваторе. Это приводит к дополнительным неустойчивостям и ошибкам расчетов векторов адвекции, особенно при больших скоростях ветра, представляющих существенный интерес.

Принципиальным решением проблемы является переход к расчетам в сферической системе координат, наиболее адекватной для рассматриваемого типа задач. Такой переход, однако, сопряжен с рядом трудностей. Кроме непосредственной

адаптации расчетной схемы он также предполагает либо отказ от использования стандартных продуктов обработки спутниковых микроволновых данных (например, осуществляемых компанией Remote Sensing Systems, США, <http://www.remss.com/>), либо их предварительную интерполяцию на новую расчетную сетку с дополнительной потерей точности.

Следует также отметить, что отказ от использования стандартных продуктов обработки может оказаться перспективным еще по одной причине. Как видно из Рис. 3, в высоких широтах происходит многократное перекрытие полос сканирования на нескольких последовательных витках спутниковой орбиты. Таким образом, исходные измерения содержат существенно больше информации об атмосферной динамике приполярных областей, чем накапливаемые дважды в сутки (независимо для восходящих и нисходящих узлов орбиты) результаты обработки. Это, однако, открывает проблемный вопрос выбора и реализации глобального алгоритма восстановления атмосферных геофизических параметров, сопоставимого по качеству со стандартами RSS.

Актуальной проблемой спутниковой микроволновой радиометрии является удовлетворительное восстановление атмосферных геофизических параметров над сушей. Хотя в последнее время в связи с развитием поляриметрических многочастотных измерений здесь наметился определенный прогресс, точности восстановления ключевых параметров, в том числе, интегрального влагосодержания атмосферы над сушей, многократно хуже, чем при наблюдении атмосферы над океаном. В то же время атмосферная динамика над сушей также представляет существенный интерес, в том числе при исследовании арктических регионов, где доля покрытой суши поверхности велика и отмечаются явления, аналогичные атмосферным рекам над океаном, хотя и меньшей мощности [5].

Подход спутникового радиотепловидения, в данном контексте, обладает важным дополнительным достоинством, связанным с возможностью интерполяции состояния атмосферы на моменты времени в промежутках между фактическими измерениями. Благодаря этому удастся представить максимально «синхронизованные» поля геофизических параметров над океаном и сушей, полученные по данным измерений различными приборами (Рис. 3).

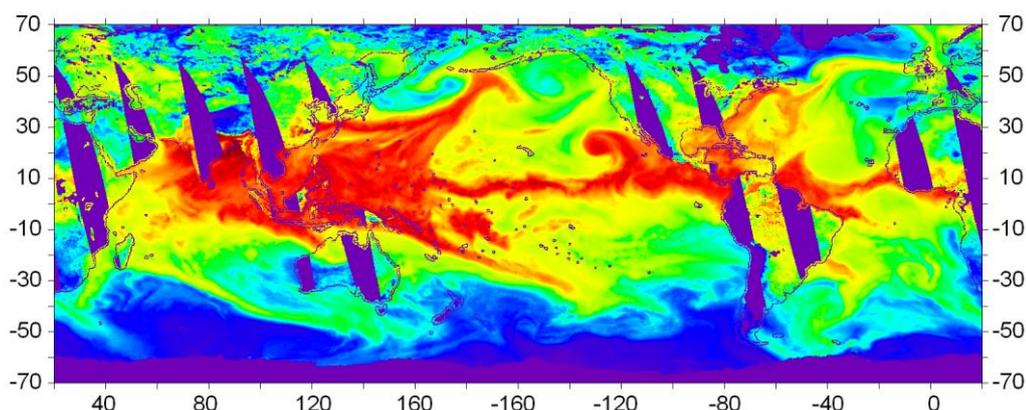


Рис. 3 – Глобальное поле интегрального влагосодержания над океаном и сушей в полосе до 70° широты в обоих полушариях (цветовая шкала как на Рис. 2); контуры материков и области пропуска данных показаны фиолетовым цветом

Важно подчеркнуть, что подход спутникового радиотепловидения сам по себе в равной мере пригоден к работе с данными над океаном и сушей, и по мере совершенствования алгоритмов восстановления геофизических параметров может применяться к ним для все более точных расчетов глобальной атмосферной динамики и энергетического обмена, в том числе, в полярных областях.

В представленной работе дан предварительный анализ возможностей и проблемных аспектов применения подхода спутникового радиотепловидения для исследования атмосферного переноса скрытого тепла в Арктику. Эта компонента энергетического баланса является одной из наиболее существенных, определяющих погодный режим и климатические изменения в арктическом регионе.

Применение подхода спутникового радиотепловидения имеет широкие перспективы для решения указанной задачи. При этом отмечена необходимость преодоления ряда трудностей. К технической проблеме следует отнести необходимость адаптации расчетных алгоритмов к работе в сферических координатах, что устранит проективные искажения в высоких широтах и минимизирует неустойчивость и ошибки динамического анализа данных. Более остро стоит актуальная задача восстановления геофизических параметров атмосферы над сушей. Ее успешное решение имеет важное значение не только для приложений спутникового радиотепловидения атмосферных процессов, но и в гораздо более широком контексте дистанционных радиометрических исследований Земли в целом. Основные перспективы здесь связываются с многоканальными поляриметрическими измерениями (а также многочастотным зондированием вертикальных атмосферных профилей) и созданием новых поколений спутниковых радиометров, осуществляющих такие виды измерений [6, 7].

По мере доработки и совершенствования алгоритмов восстановления атмосферной динамики новые результаты будут размещаться в открытом доступе на геопортале спутникового радиотепловидения (<http://fire.fryazino.net/tpw/>).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Newell R.E., Newell N.E., Zhu Y., Scott C. Tropospheric rivers? – A pilot study // *Geophysical Research Letters*. 1992. V. 19. N. 24. P. 2401-2404.
2. Zhu Y., Newell R.E. A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers // *Monthly weather review*. 1998. V. 126. N. 3. P. 725-735.
3. Ermakov D.M., Sharkov E.A., Chernushich A.P. Satellite radiothermvision on synoptic and climatically significant scales // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. V. 53. N. 9. P. 973-978.
4. Ермаков Д.М., Шарков Е.А., Чернушич А.П. Циркуляция скрытого тепла в атмосфере Земли: анализ 15 лет радиотепловых спутниковых измерений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 6. С. 9-27.
5. Komatsu K.K., Alexeev V.A., Repina I.A., Tachibana Y. Poleward upgliding Siberian atmospheric rivers over sea ice heat up Arctic upper air // *Scientific reports*. 2018. V. 8. 2872. doi: 10.1038/s41598-018-21159-6.
6. Кутуза Б.Г., Данилычев М.В., Яковлев О.И. Спутниковый мониторинг Земли: Микроволновая радиометрия атмосферы и поверхности. М.: ЛЕНАНД. 2016. 336 с.
7. Шарков Е.А. Радиотепловое дистанционное зондирование Земли: физические основы: в 2 т. Т. 1. М.: ИКИ РАН, 2014. 544 с.

## ЗАПОВЕДНАЯ ГЕОГРАФИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

*Б.В. Ермолин*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г.Архангельск, b.v.ermolin2018@yandex.ru

Время летит быстро. Совсем недавно закончился очень важный 2017 год – год экологии и особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Поэтому не случайно ниже речь пойдет о заповедной географии [1]. Другое название этого очень важного научного направления – «География ОПТ». Оно было предложено мной в 1996 г.

Заповедная география, по мнению автора статьи, изучает типичные и уникальные, в первую очередь, охраняемые природные системы (геосистемы) и объекты Земли. Типичные геосистемы и объекты, как правило, занимают обычно большую площадь. В качестве примера можно назвать характерный тип леса для тайги Архангельской области, занимающей большую площадь Европейского Севера России (ЕСР), рассматриваемого в границах Северного экономического района. Это ельник черничный. Много в нашем регионе и весьма уникальных объектов. Это, например, редко встречающаяся в нашей области широколиственная древесная порода вяз гладкий. Он мной был впервые в полевых условиях обнаружен и изучен на левобережных наволоках Березовском и Колбас ниже и выше бывшей д. Сергоручей на р. Лепше в Няндомском районе.

Основная задача современной заповедной географии – исследование пространственной и временной изменчивости ООПТ. При изучении ООПТ широко используются различные методы: полевой, картографический (анализ карт), космический (используются космические снимки), исторический (анализ природы ООПТ во времени), дендроиндикационный (используется информация, заключённая в годичных кольцах деревьев), статистический (анализируются количественные показатели) и др.

На начало XXI в. охраняемая площадь Земли составила около 11,5 % поверхности суши и 0,5 % акватории моря [2]. На 01.01.2016 г. в России насчитывалось более 13000 ООПТ (2075000 км<sup>2</sup> с учетом акватории моря), или 12,1 % территории РФ (в 2012 г. – 11,8 %). Среди них было 103 государственных природных заповедника (ГПЗ), 48 национальных парков (НП), 64 государственных природных заказника (ГПЗК) федерального значения (ФЗ), 2243 ГПЗК регионального значения, более 8000 памятников природы (ПП: 17 – федерального значения), более 2800 ООПТ иных категорий регионального и муниципального значения. 295 ООПТ имеют федеральный статус, а 89 % ООПТ региональный.

Чем раньше молодой специалист займётся проблемами заповедной географии, тем лучше. Это подтверждает и мой 57-летний опыт научной работы. Ещё будучи студентом естественно-географического факультета Архангельского государственного педагогического института им. М.В. Ломоносова (1959-1964 гг.), заинтересовался изучением природы. В 1962 г., в составе экспедиции Севрыбвода, изучал особенности природы озёр Лача и Лекшмозеро на юго-западе Архангельской области. Обработанные полевые материалы вошли в публикацию «Озеро Лача» (1993), вызвавшую в своё время много заказов из академических учреждений разных регионов России [3].

Чтобы привлечь внимание студентов к научным проблемам заповедной географии, с 1970 г. более 42 лет в вузе руководил научным студенческим кружком «Охрана природы». Бывшие члены этого кружка Г. Борисенко, А. Моськин, О. Трубицина (2007), Д. Поликин (2011) и др. защитили кандидатские диссертации. В 2004 г. А. Соболев по рекомендации профессора Б.В. Ермолина первым в Поморском государственном университете провёл полевые наблюдения в районе архипелага Земля

Франца-Иосифа и Северного полюса. Магистрант М. Гонтарев в 2017 г. закончил аспирантуру и написал диссертацию. Магистрант В. Быков закончил аспирантуру в 2018 г., А. Медведев заканчивает – в 2019 г.

На 04.12.2018 г. мной опубликовано свыше 610 работ. Из них многие посвящены заповедной географии Земли в целом, а также Арктики, ЕСР и Архангельской области. Особую значимость для читателя имеет моё учебное пособие с грифом от 22.02.2001 г. «Допущено Научно-методическим Советом по географии Учебно-методического объединения университетов в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по географическим и экологическим специальностям» [4]. ООПТ области подробно охарактеризованы в другом учебном пособии [5]. Рецензентом данных пособий был доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ИЭПС Ф.Н. Юдахин, за что я ему был очень благодарен.

На ЕСР организовано 9 ГПЗ: Пасвик, Кандалакшский, Ненецкий, Лапландский, Костомукшский, Кивач, Пинежский, Печоро-Илычский и Дарвинский; 8 НП: Русская Арктика, Хибинь, Паанаярви, Водлозерский, Онежское Поморье, Кенозерский, Русский Север и Югыд Ва; 7 ГПЗК: Канозерский, Кижский зоологический, Мурманский тундровый, Ненецкий, Олонецкий, Сийский и Туломский; 4 ПП ФЗ: Астрофиллиты горы Эвеслогчорр, Залежь Юбилейная, Эпидозиты мыса Верхний наволок и Озеро Могильное.

В Архангельской области на 04.12.2018 г. насчитывалось 111 ООПТ (площадь 112 260 км<sup>2</sup>). Это Пинежский ГПЗ, 4 НП (Русская Арктика, Онежское Поморье, Водлозерский, Кенозерский), 33 ГПЗК (Двинской, Шултусский), 66 ПП (Бобровский ботанический), дендрологический сад Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства, дендрарий САФУ и ботанический сад Соловецкого историко-архитектурного и природного музея-заповедника, 4 ООПТ местного значения: зеленая зона «Сосновый бор о. Ягры» (г. Северодвинск), ПП «Лапажинка» (Виноградовский район), «Коряжемская кедровая роща» (г. Коряжма), природно-исторический комплекс «Парк памяти» (Вилегодский район).

Заповедник – это наиболее строгая форма охраны природы. В нём запрещено использование природы. В НП природа охраняется и используется. В заказниках охраняются отдельные объекты. ПП характеризуются небольшими площадями. Пинежский заповедник среди других заповедников выделяется закарстованными таежными территориями. Островной и живописный НП «Русская Арктика» имеет очень большую площадь (88 000 км<sup>2</sup>). Планируется создание Двинско-Пинежского ГПЗК (~350 км<sup>2</sup>) на междуречье Сев. Двины и Пинеги для сохранения эталонных систем тайги. Вклад в изучение заповедных уголков Архангельской области внесли участники 10-ти рейсов в проекте «Арктический плавучий университет» за 2012-2018 годы.

В Архангельской области имеются большие возможности для расширения современной сети ООПТ. В этом отношении особо выделяется архипелаг Новая Земля [6]. На нём могут быть организованы 2 ландшафтных (Гусиная Земля, Новоземельский) и 2 природно-исторических (Восточный Маточкин Шар и Западный Маточкин Шар) ГПЗК федерального значения (ГПЗКФЗ).

Гусиная Земля (2100 км<sup>2</sup>, в том числе 100 км<sup>2</sup> – морская акватория) перспективный ГПЗКФЗ (ППЗКФЗ) занимает полуостров Гусиная Земля на западе Южного острова Новой Земли. Здесь контактируют породы перми и триаса. Нерестовая р. Гусиная – одна из наиболее продуктивных рек на Новой Земле. Имеются оз. Гусиное и уникальные водно-болотные угодья. Богаты летние олени пастбища, есть птичьи базары. Природа испытывает влияние посёлков Белушья Губа и Рогачёво.

Новоземельский ледниково-высокогорный ППЗКФЗ (3000 км<sup>2</sup>) находится на западе Северного острова Новой Земли. Здесь имеется наивысшая вершина (1 547 м – г. Крузенштерна – по Ф. П. Литке) Новой Земли и всей островной Российской Арктики.

Особо ценные природные объекты (ПО): горные ледники (долинные, каровые, висячие), птичьи базары, станции белого медведя, живописные, неповторимые геосистемы в районе вершины 1 547 м (труднодоступные и практически не затронутые деятельностью человека).

Восточный Маточкин Шар ПГПЗКФЗ (700 км<sup>2</sup>, в том числе 150 км<sup>2</sup> – морская акватория) расположен в основном на юго-востоке Северного острова Новой Земли. Особо ценные ПО: сквозной фиорд – пролив Маточкин Шар (с Губой Белушьей), эталонные и богатые фитоценозы, богатые олени пастбища, маршрут сезонной миграции северного оленя. Особо ценные – историко-культурные объекты (ИКО): избы экспедиции Ф. Розмыслова (1768–1769 гг.), впервые осуществившего съёмку пролива Маточкин Шар, деревянный маяк первой половины XX в., разрушенные строения полярной станции Маточкин Шар (1923–1936 гг.).

Западный Маточкин Шар ПГПЗКФЗ (1 700 км<sup>2</sup>, в том числе 100 км<sup>2</sup> – морская акватория) находится на северо-западе Южного острова Новой Земли. Особо ценные ПО: сквозной фиорд – пролив Маточкин Шар, серия морских террас, ледник Пенка, оз. Ящик, богатые фитоценозы, редкие и реликтовые растения, лежбища моржа, маршрут сезонной миграции новоземельского северного оленя вдоль западного берега, водно-болотные угодья полуострова Панькова Земля (станции белошёркой казарки, малого лебедя, гуменника, обыкновенной гаги и др.), птичьи базары, нерестовые реки (голец арктический): Чиракина, Маточка и верховья Безымянной, геосистемы с наивысшей вершиной Южного острова. Это наиболее репрезентативный и уникальный регион на Новой Земле. Особо ценные ИКО: остатки становища «Маточкин Шар», места посещения исследователями и путешественниками (Ф.Н. Чернышев, художник А.А. Борисов и др.), навигационный знак строения полярной станции «Мыс Столбовой» (1957–1962 гг.). Регион был предложен для создания местного видового заказника «Лагерное» (20 км<sup>2</sup>).

Полевые исследования В.М. Спицына в 2015 и 2017 годах показали необходимость усиления охраны природы Южного острова архипелага Новая Земля в связи с подтверждением таксономического статуса эндемичного вида шмеля *Bombus glacialis*. Кроме того, данные территории являются уникальными для гнездования и линьки некоторых видов птиц. [7]

На материковой части Архангельской области нуждаются в строгой охране вязы, описанные Б.В. Ермолиным в бассейне р. Лепши Няндомского района и карстовое оз. Сямгозеро в Плесецком районе. Заслуживают особого внимания охрана природы в МО «Коношский район» среднетаежной территории геобиосферного стационара РАН «Ротковец» [8], где ведутся комплексные исследования природы и здоровья местного населения сотрудниками ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской Академии Наук.

В Ненецком автономном округе (НАО) необходимо обоснование и дальнейшее развитие сети ООПТ [9]. На полуострове Канин имеется ООПТ — Шоинский биологический заказник на уникальных водно-болотных угодьях побережья Белого моря с морскими лайдами и устьевыми частями рек Шойны и Торны. Необходимо создание здесь 4 памятников природы.

1. Микулкин Нос (северо-восток полуострова Канин (ПК)) от устья р. Жемчужной на север длиной 25 км (распространены эндемичные виды растений).

2. «Лесной остров» самый северный на западе ПК около мыса Конушин на Шомоховских сопках. На обрывистом берегу у мыса в мерзлом торфе хорошо сохранились березовые пни и стволы ели, являющиеся реликтовыми останками «термического оптимума» голоцена.

3. Лиственничный «остров» в долинах рек Несь и Семжа (юг ПК). Лиственница сибирская здесь находится на северном пределе своего распространения.

4. «Колония белошековой казарки» в междуречье рек Шойна и Камбалицы (ПК).

Заслуживает особой охраны урочище Пым-Ва-Шор, расположенное на востоке Большеземельской тундры НАО. Это самый северный в континентальной части Европы участок, где действуют термальные источники и происходит накопление травертинов.

Актуальная задача на сегодня - дальнейшее формирование ООПТ на арктических островах ЕСР, в частности, на архипелаге Шпицберген, где в окрестностях пос. Баренцбург и Нью-Алесунд распространена камнеломка супротивнолистная (*Saxifraga oppositifolia* L.) – важнейший индикатор наступления фенологической весны на островах Арктики, циркумполярный арктоальпийский вид [10].

Современный заповедный фонд выше рассмотренных регионов ЕСР недостаточен и нуждается в дальнейшем формировании и расширении с учётом постоянного комплексного зонально-провинциального физико-географического подхода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолин Б.В. Заповедная география / Б.В. Ермолин // Экологические проблемы Севера : межвуз. сб. науч. тр. Вып. 7. Архангельск: АГТУ, 2004. С.196.
2. Ермаков Д.С. Год особо охраняемых природных территорий в Российской Федерации / Д.С. Ермаков // Биология в школе. 2017. № 8. С.17-23.
3. Ермолин Б.В. Озеро Лача / Б.В. Ермолин. Архангельск: ПГУ, 1993. 20 с
4. Ермолин Б.В. Охраняемые природные территории Европейского Севера России: учебное пособие для студентов, обучающихся по геогр. и экол. специальностям. Б.В. Ермолин. Архангельск: ПГУ, 2001. 175 с.
5. Ермолин Б.В. Особо охраняемые природные территории и объекты Архангельской области: учебное пособие. Б.В. Ермолин. Архангельск: ПГУ, 2002. 220 с.
6. Захаров Ю.С. Особо охраняемые территории культурного и природного наследия Арктики: архипелаг Новая Земля / Ю.С. Захаров // Новая Земля. Природа. История. Археология. Культура. Книга 1. М., 1998. С. 41–66.
7. Спицын В.М., Розенфельд С.Б., Когут Я.Е. Численность и распределение гусеобразных в окрестностях полярной станции Малые Кармакулы (Южный остров Новой Земли) летом 2015 г. / В.М. Спицын, С.Б. Розенфельд, Я.Е. Когут // Казарка: бюллетень Рабочей группы по гусеобразным Северной Евразии. 2016. Т. 19. № 1. С. 28-43.
8. Шварцман Ю.Г., Игловский С.А., Болотов И.Н., Поликин Д.Ю., Бузинов Р.В., Савонина Л.Е. Геоэкологическая ситуация на территории геобиосферного стационара РАН Ротковец] / Ю.Г. Шварцман, С.А. Игловский, И.Н. Болотов, Д.Ю. Поликин, Р.В. Бузинов, Л.Е. Савонина // Биологические аспекты экологии человека Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Редактор: Сороко С.И. – 2004. – С. 262–264.
9. Мосеев Д.С., Крячюнас В.В., Игловский С.А. Флора некоторых районов западной части Шпицбергена в начале вегетационного периода / Д.С. Мосеев, В.В. Крячюнас, С.А. Игловский // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 3. С. 94–100.
10. Игловский С.А. Антропогенная трансформация мерзлотных условий Европейского севера России и ее последствия / С.А. Игловский // Арктика и Север. 2013. № 10. С. 107–124.

## СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТВОРЕННОГО АЛЮМИНИЯ В РЕЧНЫХ ВОДАХ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

*А.А. Жевнерович*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, angels25\_93@mail.ru

Алюминий относится к группе легких металлов и представляет один из наиболее распространенных элементов земной коры, где он содержится, в основном, в виде алюмосиликатов.

Природным источником попадания алюминия в водные объекты являются алюмосиликаты и глины. К техногенным источникам появления алюминия в водных экосистемах следует отнести промышленные объекты, использующих соли алюминия в технологических циклах, а также коммунальные предприятия, применяющие соединения алюминия для очистки воды, используемой для питьевых и хозяйственных целей.

Соединения алюминия присутствуют в речных водах в растворённой, взвешенной (валовой) и коллоидной формах. Этот металл способен образовывать довольно прочные комплексы с рядом неорганических и органических соединений, в том числе с гумусовыми веществами, характерными для вод рек и озер североазиатской зоны.

При щелочной реакции речных вод алюминий имеет слабую миграционную способность и наблюдается образование и последующее осаждение гидроксида алюминия. При кислотной реакции речных вод алюминий может находиться в ионной форме, которая обуславливает появление токсичных свойств для гидробионтов. Предельно допустимая концентрация (ПДК) растворённых форм ионных форм алюминия в воде рыбохозяйственных водных объектов составляет  $0,04 \text{ мг/дм}^3$  (в объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования –  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ ).

К сожалению, пространственно-временная изменчивость содержания алюминия в реках северных районов европейской части России изучена крайне слабо [1]. Необходимость настоящего решения данной проблемы обусловлена сезонным появлением на многих водотоках региона кислотных свойств (снижением pH среды) и нахождением здесь ряда месторождений бокситовых руд. Здесь необходимо заметить, что в отличие от данных по алюминию по подобной изменчивости тяжелых металлов имеется обширный массив разнообразной информации.

Сезонную изменчивость концентраций алюминия в речных водах Севера европейской части России можно оценить по данным мониторинговых наблюдений Северного УГМС. Их анализ за 2004–2018 годы дан в работе [1]. Результаты анализа показывают, что наибольшая повторяемость сверхнормативных (более  $0,04 \text{ мг/дм}^3$ ) значений алюминия (28,3–30,0 %) наблюдается в среднем (п. Североонежск) и нижнем (с. Порог) течении реки Онега, что связано с нахождением на её водосборе Иксинского месторождения бокситов и его промышленной разработкой. Максимальное содержание растворенного алюминия (до 2–8 ПДК) в рассматриваемой реке отмечается весной и в конце осени. Это, по всей вероятности, связано с наличием в данные сезоны притока в Онегу дренажных вод с низкими величинами pH, способствующими повышению миграционной способности растворенного алюминия. Весной поступление таких вод в основном обеспечивает таяние снега, осенью – дождевые осадки, объем которых в данное время года на территории севера европейской части РФ существенно возрастает. В районе г. Североонежска сверхнормативное повышение концентраций алюминия также наблюдается в августе – в летнюю межень (характерный диапазон их изменчивости –  $0,08\text{--}0,12 \text{ мг/дм}^3$ ). Это, очевидно, обусловлено снижением

разбавляющего потенциала речных вод для стоков, образующихся на территории Северо-Онежского бокситового рудника.

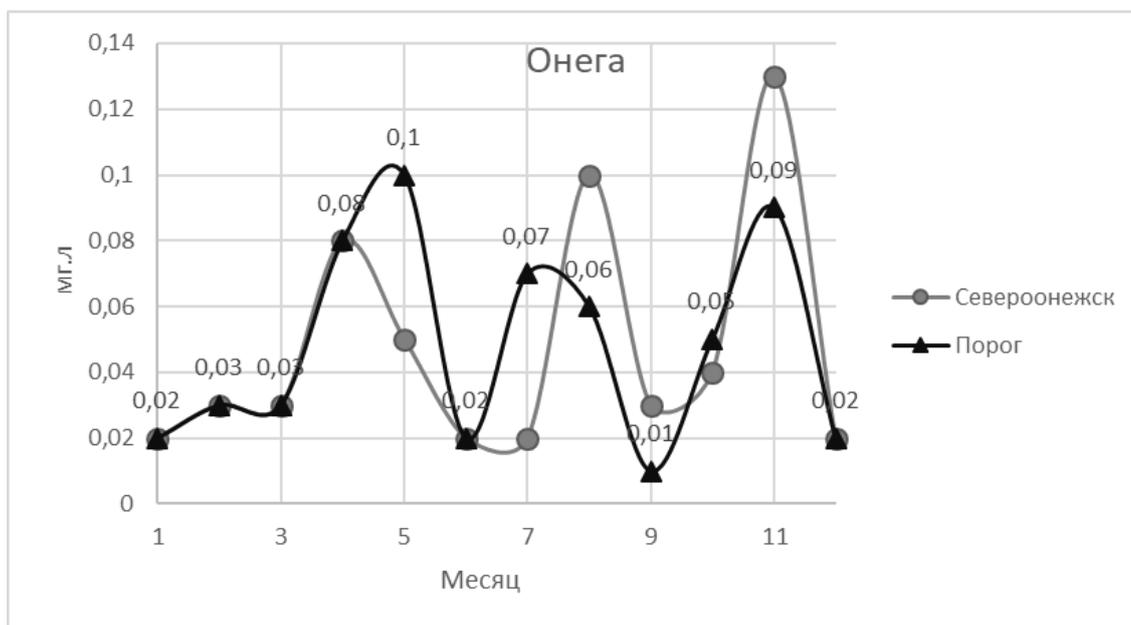


Рис. 1– Среднемесячные концентрации алюминия в реке Онега за период 2014-2018гг.

На реке Северной Двине повторяемость сверхнормативных значений алюминия в среднем и нижнем течении по сравнению с рекой Онегой заметно снижается (6,7–18,3 %). На её водосборе в районе Тиманского кряжа имеется Ворыквинская группа месторождения бокситов, часть из которых уже разрабатывается. Однако, этот район удален на несколько сотен километров от рассматриваемых участков мониторинга качества речных вод, и его влияние на загрязнение вод среднего и нижнего течения Северной Двины алюминием можно учитывать. Основным источником поступления алюминия в её воды здесь, видимо следует считать Сухонский, Котласский и Архангельский ЦБК, на которых для водоподготовки в значительных объемах применяются реагенты на основе соединений алюминия. Наиболее высокую повторяемость его сверхнормативных концентраций в районе п. Усть-Пинега, возможно, следует связать с разработкой месторождений глины «Шелекса-Южная» и «Савинское» (участок «Шелекса») на водосборе Северной Двины. Наибольшее загрязнение её вод характерно для весеннего периода, в меньшей степени – для периода осеннего дождевого паводка, когда для речных вод типичны кислотные свойства. В районе города Новодвинска, ниже выпуска стоков Архангельского ЦБК, повышенное содержание алюминия также наблюдается в летнюю межень – в августе (характерный диапазон изменчивости концентраций – 0,02–0,07 мг/дм<sup>3</sup>).

В дельте реки Печора повторяемость сверхнормативных значений алюминия составляет 11,7–15,0 %. При этом максимальное загрязнение речных вод отмечается в протоке Городецкий Шар, куда поступают сточные воды с территории г. Нарьян-Мара. Здесь характерный диапазон изменчивости концентраций алюминия в летнюю межень составляет 0,08–0,12 мг/дм<sup>3</sup> (2–3 ПДК). Заметим, что водоподготовка для нужд города Нарьян-Мара требует значительного объема солей алюминия из-за большой цветности и высоких концентраций органики и солей железа в используемых подземных водах [1]. В отличие от рек Северная Двина и Онега уровень загрязнения вод р. Печоры алюминием весной и осенью заметно ниже, чем летом.

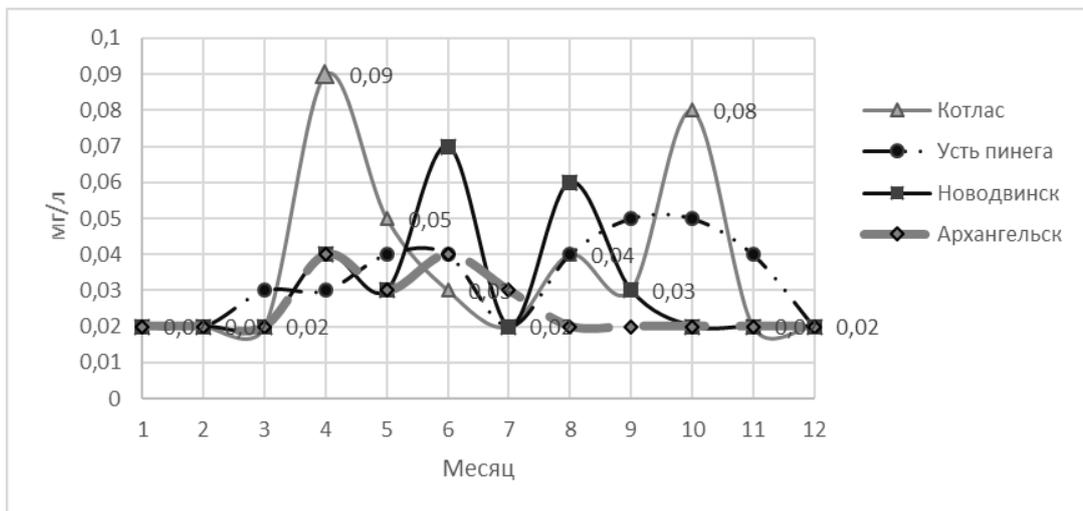


Рис. 2 – Среднемесячные концентрации алюминия в реке Северная Двина за период 2014–2018гг.

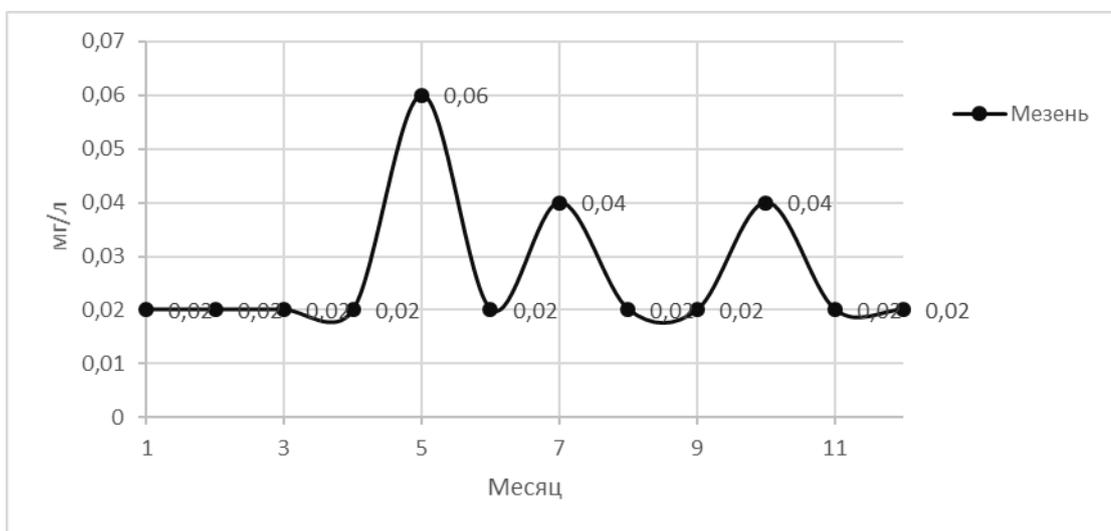


Рис. 3 – Среднемесячные концентрации алюминия в реке Мезень за период 2014–2018гг

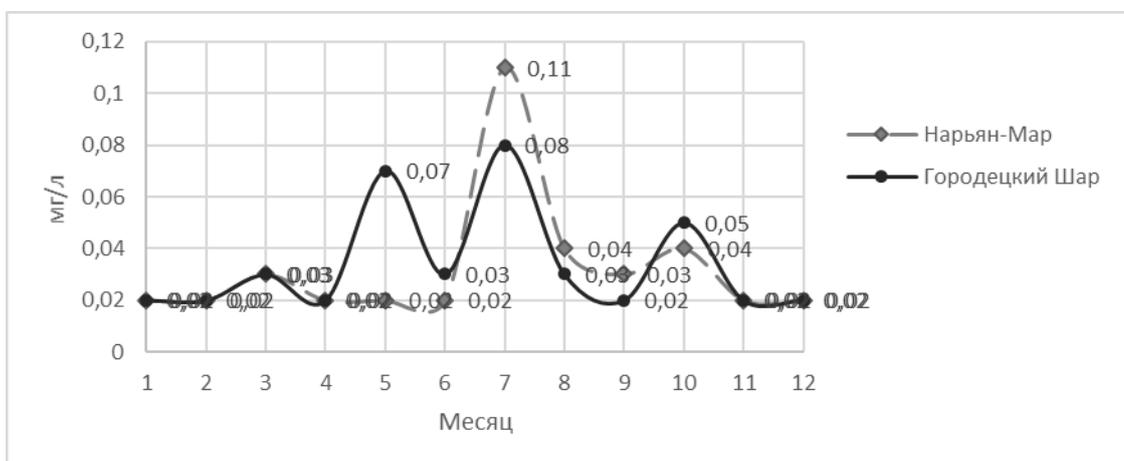


Рис. 4 – Средние концентрации алюминия в реке Печора за 2014–2018гг.

Наиболее низкие концентрации растворенного алюминия фиксируются в нижнем течении реки Мезень (повторяемость сверхнормативных значений – 5 %). Это можно объяснить отсутствием на её водосборе разрабатываемых месторождений бокситов и глины, крупных промышленных объектов и больших населенных пунктов. В период весна-лето-осень сезонная изменчивость содержания алюминия в указанной реке не прослеживается.

Таким образом, растворенный алюминий можно считать репрезентативным показателем техногенного воздействия на качество речных вод на территории севера европейской территории РФ, включая арктическую зону. Он появляется в водной среде не только при освоении месторождений бокситов и глины, при работе крупных водоемких промышленных объектов, но и около любого населенного пункта, использующего соли алюминия для подготовки воды для питьевых и хозяйственных нужд. К сожалению, содержание этого металла в поверхностных водах практически не учитывается при оценках негативного воздействия на водные экосистемы при разработке проектной документации и в научных исследованиях. Этот фактор необходимо обязательно иметь ввиду при планировании хозяйственной деятельности в Баренц-регионе [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мискевич И.В., Жевнерович А.А. Статистическая характеристика содержания алюминия в крупных реках северо-востока европейской части России. Естественные и технические науки 2019. Т. 3, № 129. С. 137-143
2. Жевнерович А.А., Мискевич И.В. Учет загрязнения поверхностных вод алюминием при ведении хозяйственной деятельности на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы освоения месторождений нефти и газа приарктических территорий России» (Архангельск, 27-28 сентября 2018 г.). Архангельск, С(А)ФУ. 2018. С. 86-90.

#### ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА ГИРУДОФАУНЫ (HIRUDINEA, LAMARCK, 1818) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

А.Л. Класс<sup>1</sup>, А.В. Кондаков<sup>1,2</sup>, И.Н. Болотов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, ania.klass@yandex.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Пиявки (Hirudinea, Lamarck, 1818) относятся к подклассу кольчатых червей из класса поясковых (Clitellata). Всего на земном шаре известно приблизительно 680 видов пиявок, 480 из них ведут пресноводный образ жизни. В континентальных (пресных) водоемах Палеарктики обитает 185 видов пиявок, на европейской части России они представлены 30 видами [1].

Пиявки – исключительно плотоядные животные. По способу питания они или гематофаги, паразитирующие на различных видах беспозвоночных и позвоночных животных, или хищники [1]. Как медицинские пиявки *Hirudo medicinalis*, так и другие представители подкласса Hirudinea из-за характера своего питания могут выступать в качестве переносчиков инфекций [2].

Данные по изучению видового состава пиявок на европейском севере России практически отсутствуют и представлены только отдельными работами по Республике Карелия, поэтому исследования видового состава пиявок на основе морфологических и

молекулярно-генетических методов позволят не только составить список видов этих животных, но и определить пути их расселения.

Целью настоящей работы было изучение видового состава пиявок (*Hirudinea*, Lamarck, 1818) на европейском севере России.



Рис. 1 – Карта сбора образцов пиявок на европейском Севере России

В ходе проведения экспедиционных работ сотрудниками ФИЦКИА РАН на европейском севере России (Рис. 1) в 2012–2018 годах были собраны и зафиксированы в 96% этанол образцы пиявок (Табл. 1) для проведения морфологических и молекулярно-генетических исследований.

Таблица 1 – Список образцов пиявок, собранных на территории Европейского Севера России

Таксон	Вид	Номер образца	Точка сбора
<i>Hirudinea</i>			
<i>Glossiphoniidae</i>			
<i>Glossiphonia</i>	<i>Glossiphonia concolor</i>	Hir 0022	Арх. обл., оз. Щучье
	<i>Glossiphonia complanata</i>	Hir 0027	Волог. обл., р. Кобожа
	<i>Glossiphonia concolor</i>	Hir 0030/1	Мурм. обл., оз. Круглое
	<i>Glossiphonia nebulosa</i>	Hir 0030/2	Мурм. обл., оз. Круглое
	<i>Glossiphonia complanata</i> *	Hir 0094	Арх. обл., р. Това
	<i>Glossiphonia concolor</i> sp.*	Hir 0095/1	Арх. обл., пруд в г. Мезень
	<i>Glossiphonia complanata</i> *	Hir 0095/2	Арх. обл., пруд в г. Мезень
	<i>Glossiphonia complanata</i>	Hir 0131/1	Арх. обл., оз. Лопшеньгское
	<i>Glossiphonia concolor</i>	Hir 0134/1	Арх. обл., р. Виледь

Таксон	Вид	Номер образца	Точка сбора
Helobdella	<i>Glossiphonia complanata</i>	Hir 0135/3	Арх. обл., р. Виледь
	<i>Glossiphonia concolor</i>	Hir 0172	Арх. обл., оз. Святозеро
	<i>Glossiphonia concolor</i> sp.*	Hir 0205	НАО, о-в Колгуев
	<i>Glossiphonia verrucata</i>	Hir 0227/1	Арх. обл., р. Юрас
	<i>Glossiphonia</i> sp.1	Hir 0228/1	Арх. обл., р. Юрас
	<i>Glossiphonia</i> sp.1	Hir 0229/1	Арх. обл., р. Онега
	<i>Glossiphonia</i> sp.1	Hir 0233	Мурм. обл., оз. Имандра
	<i>Helobdella</i> sp. 1*	Hir 0080	НАО, о-в Колгуев
	<i>Helobdella stagnalis</i> *	Hir 0131/2	Арх. обл., оз. Лопшеньгское
	<i>Helobdella stagnalis</i>	Hir 0135/2	Арх. обл., р. Виледь
	<i>Helobdella stagnalis</i>	Hir 0228/2	Арх. обл., р. Юрас
	<i>Helobdella stagnalis</i>	Hir 0229/2	Арх. обл., р. Онега
	Theromyzon	<i>Theromyzon tessulatum</i> *	Hir 0130
<i>Theromyzon tessulatum</i>		Hir 0216	НАО, о-в Колгуев
Erpobdellidae			
Erpobdella	<i>Erpobdella octoculata</i>	Hir 0030/3	Мурм. обл., оз. Круглое
	<i>Erpobdella monostriata</i> *	Hir 0095/3	Арх. обл., пруд в г. Мезень
	<i>Erpobdella octoculata</i>	Hir 0131/3	Арх. обл., оз. Лопшеньгское
	<i>Erpobdella testacea</i>	Hir 0134/2	Арх. обл., р. Виледь
	<i>Erpobdella octoculata</i>	Hir 0135/1	Арх. обл., р. Виледь
	<i>Erpobdella octoculata</i>	Hir 0225	Арх. обл., р. Юрас
	<i>Erpobdella nigricollis</i>	Hir 0226	Арх. обл., р. Юрас
	<i>Erpobdella octoculata</i>	Hir 0227/2	Арх. обл., р. Юрас
	<i>Erpobdellidae</i> sp.	Hir 0227/3	Арх. обл., р. Юрас

\* – проведена генетическая видоидентификация

Из фиксированных образцов пиявок осуществляли выделение тотальной ДНК при помощи специального набора реактивов NucleoSpin® Tissue Kit (Macherey-Nagel, Германия). Выделенные образцы ДНК использовали для амплификации фрагмента первой субъединицы цитохром с-оксидазы (COI). Данный маркер успешно используется в систематике и филогении пиявок. Амплификацию последовательностей осуществляли с комбинацией праймеров LoboF1 и LoboR1 [3]. Раствор для синтеза фрагмента состоял из 200 ng ДНК, 2,5 µl Taq-буфера (20 mM MgCl<sub>2</sub>), 2,5 µl раствора всех dNTP (2 mM), по 1 µl обоих праймеров (10 pM), 0,8 ед. Taq-ДНК-полимеразы и доводили деионизированной водой (ddH<sub>2</sub>O) до объема 25 µl. Во всех случаях программа амплификации включала в себя этап первоначальной денатурации ДНК – 5 мин, +95°C; 31 цикл синтеза фрагмента ДНК: +95°C – 50 сек., +48°C – 50 сек., +72°C – 1 мин, а также этап окончательной элонгации цепи: +72 С, 5 мин. Визуализацию полученных продуктов ПЦР осуществляли в системе гель-документирования после электрофореза в 1,5% агарозном геле. Продукты ПЦР очищали в мягких условиях с помощью спиртового раствора ацетата аммония. Подготовленные образцы передавали на анализ в Межинститутский Центр коллективного пользования «Геном» ИМБ РАН, где их секвенировали при помощи набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе ДНК ABI PRISM 3730 (Applied Biosystems). Полученные нуклеотидные последовательности ДНК в прямом и обратном направлении расшифровывали и анализировали с использованием программы BioEdit 7.0.9 [4].

Список собранных и проанализированных образцов представлен в Таблице 1. Видовая принадлежность определялась по морфологическим признакам с помощью определителя [1] и по результатам молекулярно-генетического анализа.

На исследуемой территории были обнаружены представители двух семейств пиявок – Glossiphoniidae (плоские) и Erpobdellidae (глоточные). Из семейства плоских пиявок доминируют представители рода *Glossiphonia* и *Helobdella*. Глоссифониды являются свободноживущими гематофагами и чаще всего питаются кровью брюхоногих моллюсков, а вот хелобделлы, по описанию большинства исследователей, ведут скорее хищный образ жизни, предпочитая мелких беспозвоночных и личинок хирономид. Представители же семейства глоточных пиявок, такие как *Erpobdella octoculata* и *Erpobdella testacea*, ведут исключительно хищный образ жизни, как и другие представители семейства, и питаются в основном мелкими беспозвоночными, а также икрой брюхоногих моллюсков и рыб.



Рис. 1 – Образец пиявки *Helobdella* sp. 1 с острова Колгуев

Всего на территории Европейского Севера России были обнаружены представители четырех родов: *Glossiphonia*, *Helobdella*, *Theromyzon* и *Erpobdella*, которые представлены 13 видами, 6 из них были идентифицированы на основании нуклеотидных последовательностей первой субъединицы цитохром с-оксидазы.

Чувствительность пиявок к физико-химическим показателям воды, а также способность к накоплению в тканях тяжелых металлов позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов для оценки уровня загрязненности пресных водоемов. Многочисленными исследованиями подтверждено, что увеличение уровня загрязнения водоемов провоцирует обеднение гирудофауны [6, 7]. Поэтому для своевременного принятия природоохранных мер, в числе прочих аспектов мониторинга окружающей среды, необходимо периодическое проведение оценки видового состава и численности сообщества пиявок отдельных регионов.

Для проведения более полной эколого-фаунистической оценки гирудофауны Европейского Севера России необходимо увеличение точек сбора материала со всех типов пресных водоемов с охватом основных водосборных бассейнов на исследуемой территории.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РНФ № 19-14-00066.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. и др. (ред.). Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. Litres, 2018.

2. Bauters T.G.M. et al. Infection risk related to the use of medicinal leeches // *Pharmacy world & Science*. 2007. Т. 29. №. 3. С. 122-125.
3. Lobo J. et al. Enhanced primers for amplification of DNA barcodes from a broad range of marine metazoans // *BMC Ecology*. 2013. Т. 13. №. 1. С. 34.
4. Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // *Nucleic acids symposium series*. – [London]: Information Retrieval Ltd., c1979-c2000., 1999. Vol. 41. №. 41. P. 95-98.
5. Hebert P.D.N. et al. Biological identifications through DNA barcodes // *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2003. Т. 270. №. 1512. С. 313-321.
6. Федорова Л.И., Кайгородова И.А., Букин Ю.С. Эколого-фаунистические особенности гирудофауны Бухтарминского водохранилища (Восточный Казахстан) // *Экология*. 2017. №. 2. С. 126-133.
7. Черная Л.В. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика представителей гирудофауны Среднего Урала // Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00. 16. 2003.

**ПЕРВАЯ НАХОДКА ТРЕМАТОД *PHYLLODISTOMUM MACROCOTYLE* (DIGENEA: GORGODERIDAE) В ПОПУЛЯЦИЯХ МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* В БАССЕЙНЕ Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА, ПОДТВЕРЖДЕННАЯ МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ДАННЫМИ**

А.Л. Класс<sup>1,2</sup>, О.В. Травина<sup>1</sup>, Ю.В. Беспалая<sup>1,2</sup>, О.В. Аксёнова<sup>1,2</sup>, С.Е. Соколова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, ania.klass@yandex.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

Известно, что *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) является первым промежуточным хозяином спороцист *Phyllodistomum macrocotyle* (Lühe, 1909) [1, 2]. Моллюски заражаются свободноплавающими личинками мирацидиями, которые впоследствии дают начало ряду партеногенетических поколений спороцист [3]. Зрелые спороцисты, содержащие метацеркарии, сбрасываются с жабр моллюска в воду [1]. Для завершения жизненного цикла трематодам требуется еще один хозяин – рыба [1].

Космополитный род *Phyllodistomum* Braun, 1899 включает более 110 видов, большинство из которых паразитируют в мочевом пузыре и/или мочеточниках костистых рыб [4]. В реке Северная Двина на Северо-Западе России заражение рыб трематодами рода *Phyllodistomum* впервые было зарегистрировано в 1930 году [5]. Авторы установили, что окончательными хозяевами для трематод *Phyllodistomum* spp. являются щука, хариус, ерш, окунь, обыкновенный подкаменщик, голавль, елец, язь, гольяны, караси, красноперка, плотва, уклея, верховка. Однако исследований по оценке зараженности трематодами моллюсков рода *Dreissena* в бассейне Северной Двины до сих пор не проводилось, в то время как трематоды рода *Phyllodistomum* широко распространены в европейских популяциях *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) и были зарегистрированы в Нидерландах, Польше, Белоруссии, России, Украине и Казахстане [6, 1].

Цель работы состояла в определении таксономической принадлежности и установлении филогенетических связей трематод рода *Phyllodistomum*, паразитирующих на жабрах моллюска *D. polymorpha*, в водотоках бассейна р. Северная Двина.

Спороцисты трематод рода *Phyllodistomum* были обнаружены нами на жабрах *D. polymorpha* из реки Юрас в ходе изучения расселения дрейссены в водотоках бассейна р. Северная Двина [7]. Изучение зараженности популяций *D. polymorpha* в водотоках бассейна р. Северная Двина проводили согласно описанной методике [2]. Для этого у всех вскрытых особей дрейссены (N=1064) были исследованы мантия и внутренние органы на наличие паразитов и эндосимбионтов с применением бинокулярного стереомикроскопа Leica M165C и Carl Zeiss Axio Lab.A1. Процент зараженности *D. polymorpha* спороцистами трематод в большинстве случаев был низким и составил менее 1% [7], что в целом согласуется с литературными данными [1, 8].

Идентификацию личинок трематод проводили на основе работы Molloy et al. [1], а также с помощью молекулярно-генетического анализа. В качестве генетического маркера был выбран внутренний транскрибируемый спейсер ITS2 ядерной ДНК, широко применяемый в подобных исследованиях. Для этого выделение тотальной клеточной ДНК из образцов, зафиксированных 96% этиловым спиртом, осуществлялось с помощью специального набора реактивов NucleoSpin® Tissue (производитель Macherey-Nagel, Германия). Амплификацию последовательности участка ITS2 проводили при помощи праймеров, описанных в работах White et al. [9] и Bowles et al. [10]. Секвенирование подготовленных образцов проводили в ЦКП «Геном» ИМБ РАН, при помощи набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе ДНК ABI PRISM 3730 (Applied Biosystems).

Филогенетический анализ полученных нами нуклеотидных последовательностей совместно с последовательностями транскрибируемого спейсера ITS2, взятыми из NCBI GenBank, показал, что трематоды, обнаруженные в образцах моллюсков из р. Юрас (бассейн р. Северная Двина), принадлежат виду *Phyllodistomum macrocotyle* (Lühe, 1909) и идентичны трематодам из Восточной Европы, где их промежуточным хозяином также является *Dreissena polymorpha*.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-34-00580 мол\_a и № 17-44-290436 р\_a и гранта Президента РФ № МК-1720.2019.4.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Molloy D.P., Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Kurandina D.P., Laruelle F. Natural enemies of zebra mussels: predators, parasites, and ecological competitors // *Reviews in Fisheries Science*. 1997. Vol. 5. № 1. P. 27–97.
2. Burlakova L.E., Karatayev A.Y., Padilla D.K. Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time // *Hydrobiologia*. 2006. Vol. 571. № 1. P. 133-146.
3. Мастицкий С.Э. Распространение трематоды *Phyllodistomum folium* (Digenea: Gorgoderidae) среди популяций моллюска *Dreissena polymorpha* (Bivalvia: Dreissenidae) в Беларуси / Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003 г.: экологические проблемы XXI века», г. Минск, 19-20 мая. Мн., 2003. С. 250-251.
4. Petkevičiūtė R., Stunženė V., Stanevičiūtė G., Zhokhov A.E. European *Phyllodistomum* (Digenea, Gorgoderidae) and phylogenetic affinities of *Cercaria duplicata* based on rDNA and karyotypes // *Zoologica Scripta*. 2015. Vol. 44. P. 191–202.
5. Юшков В.Ф., Ивашевский Г.А. Паразиты позвоночных животных Европейского Северо-Востока России. Каталог. Сыктывкар, Коми Научный Центр. 1999. 200 с.
6. Тютин А.В., Щербина Г.Х., Медянцева Е.Н. Многолетняя динамика зараженности *Dreissena polymorpha* (Bivalvia, Dreissenidae) партенитами

- трематод в Верхневолжских водохранилищах // В сб.: Биологические ресурсы пресных вод: беспозвоночные. / Под ред. И.К. Ривьер, Г.Х. Щербины, А.В. Крылова. Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2005. С. 374-384
7. Travina O.V., Bepalaya Y.V., Aksenova O.V., Shevchenko A.R., Sokolova S.E. (2019): Infection of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia: Dreissenidae) with *Phyllodistomum macrocotyle* (Digenea: Gorgoderidae) in the Severnaya Dvina River Basin, Northern Russia // *Biharean Biologist*. 2019. Vol. 13. e182206
  8. Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Molloy D.P., Volkova L.K. Endosymbionts of *Dreissena polymorpha* (Pallas) in Belarus // *International Review of Hydrobiology*. 2000. Vol. 85. № 5-6. P. 543-559.
  9. White L.R., McPheron B.A., Stauffer J.R. Molecular genetic identification tools for the unionids of French Creek, Pennsylvania // *Malacologia*. 1996. Vol. 38. P. 181-202.
  10. Bowles J., Blair D., McManus D.P. A molecular phylogeny of the human schistosomes // *Molecular phylogenetics and Evolution*. 1995. Vol. 4. No. 2. P. 103-109.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГУБЕ СУХОЕ МОРЕ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В ИЮЛЕ–АВГУСТЕ 2018 ГОДА

С.И. Климов<sup>1</sup>, Н.В. Неверова<sup>1</sup>, А.С. Лохов<sup>2</sup>, А.В. Чупаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, kliopa2@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

Прибрежная экосистема восточной части Двинского залива Белого моря находится под влиянием основного стока реки Северная Двина, в дельте которой находится крупнейший на Севере промышленный конгломерат городов Архангельск, Новодвинск, Северодвинск. Кроме этого, обширное устьевое взморье реки включает и широкий залив Сухое Море между о. Мудьюг и материковым Зимним берегом. Здесь планируется строительство крупного глубоководного морского порта, с громадным объемом дноуглубительных работ [1, 2].

При проведении дноуглубительных работ огромный шлейф взмученных вод с приливными течениями будет проникать в дельту реки Северной Двины, а с отливными течениями – распространяться вдоль Зимнего берега Белого моря и затем – в центральную часть моря (Бассейн), а также в северные районы моря (Горло, Воронка). При этом в водный поток будут вовлечены ранее погребенные грунтовыми песками различного рода загрязнители. Растворенные и сорбированные на взвеси техногенные загрязнители по трофической цепи (планктон – бентос – рыба) передаются человеку, со всеми вытекающими последствиями.

Необходимость изучения морских прибрежных экосистем обусловлена, прежде всего, тем, что именно эта зона является первичной средой обитания личинок, мальков и молоди промысловых рыб. Кроме представителей донной фауны, ихтиофауны, в этом районе обитает кольчатая нерпа, а в летний период одно из репродуктивных стад китообразных – белух. Здесь у берегов о. Мудьюг эти животные ежегодно рожают, выкармливают и воспитывают своих детенышей [3, 4].

Губа Сухое Море представляет собой лагунообразный залив, расположенный к северо-востоку от устья Корабельного рукава. От Двинского залива отделен Никольской косой, островами Голая Кошка и Мудьюгский. В Сухое Море впадают речки Кадь и Мудьюга. Залив Сухое Море мелководный, в северной части в большей степени покрыт песчаными отмелями, частично обсыхающими на отливе. О. Голая

Кошка отделен от Никольской косы проливом Новая Промоина, от о. Мудьюгский – проливом Железные Ворота.

Длина залива составляет 28,3 км, южной и северной части залива, соответственно, 13,8 и 14,5 км. Наибольшая ширина южной части – 5,8 км, северной – 5,9 км. Площадь залива Сухое Море, составляет 106 км<sup>2</sup> (южная часть – 59 км<sup>2</sup>, северная – 47 км<sup>2</sup>).

Гидрологические исследования проводились в рамках комплексных работ с 24 июля по 29 августа 2018 г. на полусуточных станциях (см. карту-схему, Рис. 1), начиная перед полной водой (ПВ). Работы выполнялись с катера. В проливах и в районах выполнения станций проводились предварительные промеры глубин разреза эхолотом Humminbird GPS-Fishfinder 363. Температура и удельная электропроводность воды, скорости и направления течений измерялись зондом Seaguard RCM SW фирмы AANDERAA в автономном режиме с дискретностью измерения 10 секунд в придонном горизонте с вертикальным зондированием слоя воды через 1 час. Разрешающая способность датчиков и их точность следующие: температуры воды – 0,001 °С и ±0,03 °С; удельной электропроводности – 0,0002 S/m и ±0,0018 S/m, скорости течения – 0,1 mm/s и ± 1%; направления течения – 0,01° и ±5°. Исследования выполнялись в течение 37 дней.

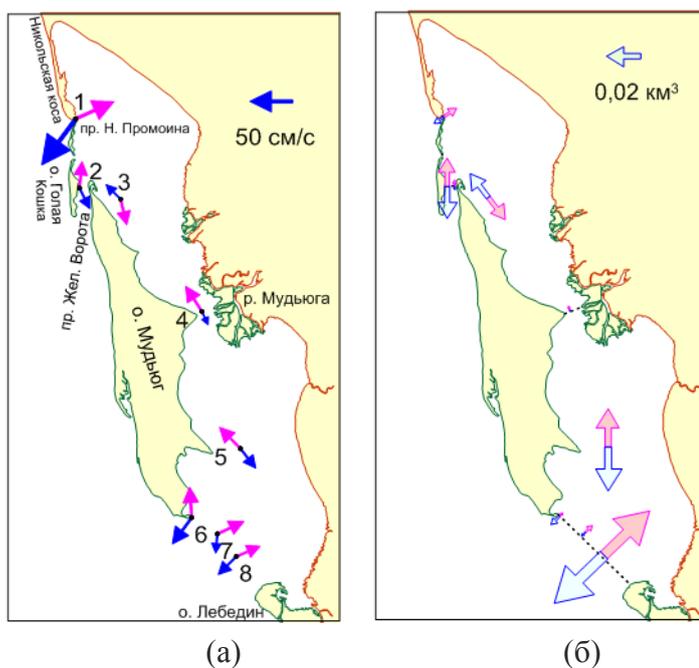


Рис. 1 – Схема расположения полусуточных станций, преобладавших направлений и средних скоростей течений (а), и расходов воды (б) в заливе Сухое Море в июле–августе 2018 г.

Значительные перерывы в работе были обусловлены длительными штормовыми условиями в августе 2018 года. Начало наблюдений соответствует периоду максимального прогрева вод в заливе Сухое Море (ст.6-8 на разрезе мыс Южный – о. Лебедин, ст. 1 – пр. Новая Промоина). С недельным перерывом были выполнены ст.2, 3 в пр. Железные Ворота и в северной части залива Сухое Море, что соответствовало периоду начала выхолаживания вод, обусловленного как снижением длительности солнечной инсоляции, так и штормовым перемешиванием вод, в том числе и в результате сгонно-нагонных явлений. С двух недельным перерывом были выполнены ст. 4, 5 на перешейке залива и в южной части залива, соответственно. Вследствие этого обзор термохалинных характеристик вод дается в хронологическом порядке по группе смежных полусуточных станций, выполненных близко по времени.

*Термохалинные условия в заливе Сухое Море.* Время начала наблюдений соответствовало периоду наибольшего прогрева вод в заливе Сухое Море. Температура воды на станциях разреза мыс Южный – о. Лебедин превысила 22 °С, в пр. Новая Промоина – 23 °С. В конце августа температура воды опустилась до 14–17 °С.

В районе разреза о. Мудьюг – о. Лебедин, выполненного 24–30 июля, в результате взаимодействия стока реки и приливных течений, близости фарватера, по которому проникают морские воды, изменения солёности носят сложный характер. Так у о. Лебедин на станции, находящейся в районе желоба, происходит постепенное падение солёности с отливом, сильнее у дна и незначительно на поверхности, достигая минимума на малой воде (МВ), и ее резкий рост на приливе, с максимумом на полводе, с последующим падением на манихе (временная задержка или падение уровня на приливе). За приливной цикл в поверхностном слое солёность изменялась от 2,6 до 4,2 ‰, в придонном на глубине 6 м – от 4,5 до 15,9 ‰. Вследствие вытеснения придонного клина солёных вод на отливе, стратификация вод исчезала на МВ и снова восстанавливалась с приливом. Напротив, у о. Мудьюг минимальные значения солёности отмечались примерно через час после ПВ и МВ, а на малой воде отмечался еще второй максимум солёности. Изменения в поверхностном слое солёности воды составили от 3,5 до 8,0, в придонном на глубине 3 м – от 3,8 до 9,0 ‰. Кратковременная стратификация вод отмечалась только на ПВ. Также в срединной мелководной части разреза максимумы солёности отмечались на ПВ и МВ, минимумы примерно через 2 часа после них, наименьший после МВ. Изменения солёности составили от 2,7 до 4,4

В пр. Новая Промоина минимум солёности отмечался через 2 часа после ПВ, максимум на МВ, второй минимум ее примерно через 2 часа и еще через 2 часа второй максимум в придонных слоях. За время приливного цикла изменения солёности составили от 11,6 до 13,6 на поверхности и от 11,7 до 14,2 ‰ на горизонте 5,5 м. Нетипичным явлением во время отлива для прибрежных вод оказался одновременный рост с полводы значений солёности и температуры, соответственно, на 2 ‰ и 4 °С. Как отмечено в [4], северная часть Сухого Моря очень мелководна – наибольшие глубины в ней на малой воде обычно не превышают 0,5–0,8 метров, а ширина приливной осушки в сизигию на некоторых участках доходит до 3 км и более. Рост солёности мог быть обусловлен длительным отсутствием осадков, безоблачными днями и наличием больших площадей осушки в северной части залива. На малой воде вследствие солнечной инсоляции происходило испарение воды с поверхности осушенных грунтов и их осолонение. Затем во время прилива происходило обогащение солями вод и их прогрев от инсоляции и грунта.

В пр. Железные ворота солёность изменялась от 11,0 до 25,4 на поверхности и от 16,2 до 25,5 ‰ на глубине 8 м. На полной воде наблюдалась гомотермия и гомохалинность. Примерно через 2 часа после полной воды, в верхнем шестиметровом слое формируется динамическая стратификация воды со средними вертикальными градиентами от 0,5 до 0,8 °С/м и солёности от 1,1 до 1,4 ‰/м за счет натекания более пресных и теплых вод залива Сухое Море. Высокие начальные значения солёности были вызваны нагоном вод Двинского залива предшествующими северо-западными ветрами со средними скоростями ветра 5–8 м/с. За приливной цикл произошло снижение солёности до 14,9 и 16,7 ‰ на поверхности и у дна, соответственно. Максимум солёности на ПВ, минимум на МВ в 6-ти метровом слое. Следует отметить, что прилив начался в придонном слое, когда еще в верхнем 3-х метровом слое продолжался отлив в течение почти одного часа. Вероятно, это было вызвано повышенным уровнем в заливе Сухое Море вследствие нагона. На выполненной в проливе через двое суток мелководной станции изменения солёности происходили от 11,7 до 14,3 ‰ с максимумом через 2 часов после ПВ и минимумом на МВ. В северной части залива Сухое Море солёность изменялась от 8,7 на малой воде до 18,2 ‰ на полной воде с минимумом на МВ и максимумом на ПВ.

На ст. 5 отмечалась однородность вод по вертикали, изменения солёности за приливной цикл были незначительные от 5,8 до 7,0 ‰. На ст. 4 на отливе поверхностный слой распределялся стоком р. Мудьюга, на приливе воды были однородны. Солёность на поверхности изменялась от 2,0 до 6,9 ‰, в придонных горизонтах – от 2,9 до 7,5, скачкообразно уменьшаясь на малой воде.

В целом солёность вод в северной части залива в 2-3 раза выше, чем в южной. Средние значения минимумов и максимумов по станциям составили, соответственно, в южной части залива 3,8 и 8,1‰, в северной – 11,5 и 18,5‰. Наибольшие солёности наблюдались в северной части залива Сухое Море, как в поверхностном, так и придонном слое (до 25,5 ‰ в пр. Железные ворота).

*Приливные течения.* В Двинском заливе из-за деформации приливной волны мелководьями полусуточные приливы становятся несимметричными (мелководными), когда время падения уровня меньше времени роста [5]. Время полных и малых вод определялось по времени смены течения, что может несколько не совпадать с фактическим временем полной и малой вод. Средняя продолжительность прилива составила 6 ч. 34 мин., отлива – 5 ч. 48 мин., в среднем прилив дольше отлива на 45 мин. Время смены течения на приливе происходило в среднем через 60 минут после ПВ по посту Соломбала и на отливе – через 65 минут после МВ.

Течения носят реверсивный характер, но угол между приливным и отливным направлениями течений отличен от 180° (Рис. 1а). Вероятно, это вызвано влиянием рельефа дна и направляющим действием желобов, по которым поступает вода. На отливе максимальные значения скоростей отмечаются преимущественно в начале, далее постепенно уменьшаясь. В целом на приливе средние значения скоростей течений выше, соответственно, 37 и 33 см/с. Максимальная скорость наблюдалась на приливе в пр. Новая Промоина 129 см/с в поверхностном горизонте. Отмечается два пика скорости – до и после манихи, при этом, как правило, максимальные значения скоростей больше в первом случае. Во время манихи на ст. 6 и 8 отмечались обратные течения в течение часа и получаса, соответственно. Таким образом, на приливе течения имеют более сложную временную и пространственную структуру.

*Оценка расходов воды через разрезы за приливной цикл.* Наблюдения проводились в период между сизигийными и квадратурными приливами, за исключения выпавших на сизигийные приливы ст. 3 в северной части залива и мелководной станции в пр. Железные Ворота, исключенной из оценки расходов воды из-за значительной разницы величины прилива. Задавалось косинусоидальное изменение уровня согласно амплитуде соответствующей волны, т.е. без учета явления манихи. Амплитуды приливов принимались по гидропосту Соломбала. Оценки предполагаются к уточнению по получению фактических уровней по ГМС Мудьюг. На разрезе м. Южный – о. Лебедин данные станций из-за разности гидрологических условий применялись к соответствующим элементарным сечениям: желоба у м. Южный (ст. ЮМ), срединного мелководья (ст. 4) и желоба у о. Лебедин (ст. 5). Расходы рассчитывались по слоям примерно метровой толщины по данным вертикального зондирования скоростей с часовой дискретностью. Площадь сечения осреднялась между сроками. Относительная невязка входящих и исходящих объемов воды составила для северной части залива Сухое Море 5,5 %, для южной – 12,0%. В северной части залива средняя доля водообмена через пр. Железные Ворота составила 65%, пр. Новая Промоина – 29% и перешеек – 6%. Для южной части залива основной водообмен происходил через желоб около о. Лебедин – 77%, через желоб у м. Южный и мелководье он составил, соответственно, 10 и 9 %, и перешеек – 4 % (см. схему Рис. 1б).

Отметим, что данные оценки приближенные. Из-за влияния погодных условий точность однократных наблюдений не может быть надежной. Кроме этого, не учитывалось поступление воды в южной части залива через протоки, а в северной

части – через вновь образовавшуюся в начале 2000–х годах промоину через о. Голая Кошка и промоину в основании Никольской косы, о существовании которой указано в [1]. Не учтен водообмен через протоки дельты р. Мудьюга между северной и южной частью залива.

В целом можно отметить, что через перешеек за приливной цикл происходит незначительное, но поступление воды из южной в северную часть залива. Это, вероятно, обусловлено стоковым уклоном, но, возможно, также остаточными приливными течениями.

Объемы воды, поступающие через пр. Железные Ворота сравнимы с объемами, уходящими на юг в северной части залива, т.е. по оценке основной поток поступает на юг, но как отмечалось, ст. 3 выполнялась в период сизигии и данная оценка завышена.

Получены предварительные выводы по гидрологическому режиму залива Сухое море Двинского залива Белого моря:

1. Изменения солёности за приливной цикл носят сложный характер из-за разнообразия действующих факторов. На отливе солёность может, как уменьшаться, так и увеличиваться, или иметь более сложный ход. В северной части залива солёность вод выше в 2–3 раза, чем в южной.

2. В среднем время прилива дольше на 45 минут времени отлива. Течения носят реверсивный характер, угол между приливным и отливным направлениями течений отличен от 180°. Средние и максимальные скорости выше на приливе.

3. На относительно глубоких станциях время наступления отлива или прилива на поверхностном и придонном горизонте может отличаться. На галоклине может происходить изменение направления и скоростей течения.

4. В северной части залива основной водообмен за приливной цикл происходит через пр. Железные Ворота, в южной части – через желоб около о. Лебедин. Из южной части преобладает поступление воды в северную часть.

Таким образом, гидрологический режим залива Сухое Море подвержен значительной изменчивости в силу его мелководного и сложного рельефа, действия мезомасштабных, иногда разнонаправленных, процессов (суточная изменчивость солнечной радиации, полусуточные приливы, нагоны) и процессов синоптического масштаба (метеорологические циклы, разность величин прилива).

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта УрО РАН № 18-9-5-29 и гранта РФФИ № 18-05-01041.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глубоководный район морского порта Архангельск – Режим доступа: <http://www.belkomur.com/apxport/>
2. Бамбуляк А., Францен Б. Транспортировка нефти из российской части Баренцева региона по состоянию на январь 2009 г. Норвежский Баренцев Секретариат и Акваплан-Нива. Норвегия, 2009. 97 с.
3. Лукин Л.Р., Андрианов В.В. Белуха (*Delphinapterus leucas*) или белый кит, как вид-индикатор экологического состояния Белого моря // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Естественные науки». 2013. №3. Архангельск: ИПЦ САФУ. 2013. С. 46-55.
4. Мискевич И.В., Мосеев Д.С., Брызгалов В.В. Комплексные экспедиционные исследования северной части губы Сухое Море в Двинском заливе Белого моря. Архангельский центр ВОО «Русское географическое общество». Архангельск, 2018. 74 с.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том II. Белое море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Л. Гидрометеиздат, 1991. 240 с.

## ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЕР СИСТЕМЫ РЕКИ СВЕТЛАЯ (БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОЕ ПЛАТО)

*Н.М. Кокрятская<sup>1</sup>, А.В., Чупаков<sup>1</sup>, К.В. Титова<sup>1</sup>, В.П. Шевченко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, nkokr@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва.

Внимание многих учёных привлечено к исследованию стратифицированных по температуре, плотности и химическому составу водоёмов, в которых активно протекают микробные процессы и трансформация вещества на окислительно-восстановительных барьерах [1–3 и др.], но на Русском Севере таких исследований проведено мало.

В настоящей работе рассмотрены некоторые основные характеристики водной толщи пресноводных стратифицированных озёр, дающих начало реке Светлая (Беломорско-Кулойское плато, север Архангельской области), проявляющих признаки меромиксии. Данная система озёр находится на южном склоне Беломорско-Кулойского плато на севере Восточно-Европейской платформы в Приморском районе Архангельской области на расстоянии 65 км на северо-восток от г. Архангельска (Рис. 1). Озера соединены между собой неглубокими ручьями, они дают начало реке Светлая (водосборный бассейн Белого моря) и представляют собой небольшие вытянутые водоёмы, длиной до 1 км, с максимальной глубиной 39 м (Светлое-1), 24 м (Светлое-2), 27 м (Светлое-3), 5 м (Светлое-4) и 15 м (Светлое-5). Берега озёр в основном крутые, сформированы песчаником и ледниковыми отложениями; южный берег круче северного. У озёр Светлое-3 и Светлое-4 северный берег частично заболочен, скорее всего это является результатом процесса сукцессии. Озера находятся на территории довольно сложного геологического строения. Близ озёр проходят границы между тремя стратиграфическими комплексами отложений: позднего венда, среднего и позднего отделов каменноугольной системы. Преобладающие на водосборной площади озёр почвы в основном песчаные и подзолистые на карбонатных отложениях. Основное питание происходит за счёт атмосферных осадков, паводковых и подземных вод (пресных кондиционных) [4–6]. В воде преобладают гидрокарбонат-анионы и катионы кальция.

Многодисциплинарные исследования проводятся на озёрах системы река Светлая сотрудниками ФГБУН ФИЦКИА РАН совместно с коллегами из ряда институтов с января 2010 года по настоящее время [7–11].

Интервал проведения работ в 2010–2012 гг. на озере Светлое-1 составлял один месяц; на остальных озёрах работы выполняли эпизодически. Отбор проб воды осуществляли горизонтальным поликарбонатным непрозрачным батометром Aquatic Research со льда или с лодки ПВХ. Определение температуры водной толщи и концентрации кислорода проводили оксиметром WTW Oxi 197i с датчиком DigOx 325. Для определения рН и удельной электрической проводимости (УЭП) использовали рН-метр 3110 с электродом SenTix 41 и Cond 3110 с ячейкой TetraCon 325. Вода для определения сероводорода отбиралась в стеклянную посуду, в которую предварительно добавляли раствор ацетата цинка. Определение растворённого сероводорода осуществлялось стандартным фотометрическим методом. Для определения концентрации растворённого железа использовали фотометрический метод с феррозином [12]. Анализ на хлориды и сульфаты осуществляли методом ВЭЖХ.

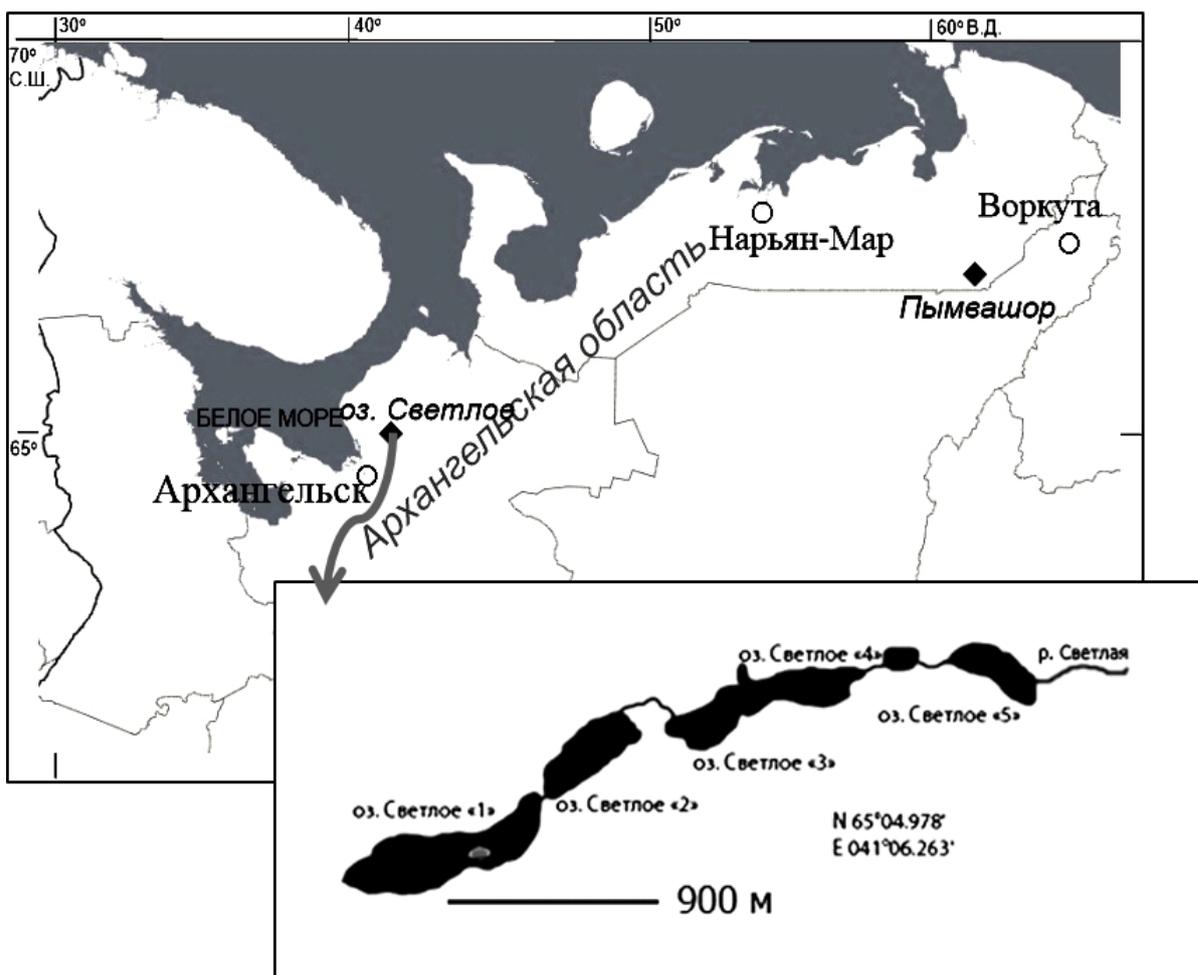


Рис. 1 – Карта-схема расположения системы озер реки Светлая

В результате регулярных наблюдений, достоверно установлен меромиктический статус для первого озера системы [7]; наличие постоянной плотностной и химической стратификации для второго и третьего озер, для которых выявлены признаки меромиксии. Достоверно говорить о наличии постоянной стратификации, а тем более меромиктического характера четвертого и пятого озер пока не представляется возможным, хотя признаки меромиксии имеются.

Изменения температуры воды были зафиксированы в оз. Светлое-1 лишь до 25 м, в двух последующих озерах до 15 м и до 12 м в замыкающем систему озере Светлое-5 (Рис. 2); ниже расположенные горизонты уже не содержат кислорода и для озер 1, 2 и 5 имеют постоянную температуру  $3,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ; для озера Светлое-3 температура анаэробных вод не превышает  $3,0^\circ\text{C}$ , а в придонных горизонтах составляет всего  $2,7^\circ\text{C}$ . Также с этой же глубины происходит резкое увеличение значений УЭП – от 225–250 мкСм/см в миксолимнионе до 350 (Светлое-1), 320 (Светлое-2), 290–300 мкСм/см (Светлое-4 и Светлое-5) в анаэробной зоне. Из этого ряда резко выделяется озеро Светлое-3, где значения УЭП к придонным горизонтам увеличиваются до 760–1890 мкСм/см. Для всех озер температурные флуктуации в слое миксолимниона в периоды летней и зимней межени демонстрируют классические картины прямой и обратной стратификации. Характерные значения рН для всех озер лежат в интервале 6,80–7,90 с тенденцией уменьшения значений к придонным горизонтам; минимальные значения показателя (6,59–6,65) зафиксированы в придонных горизонтах оз. Светлое-3. Для всех озер характерно постоянное отсутствие кислорода в глубоководных водах.

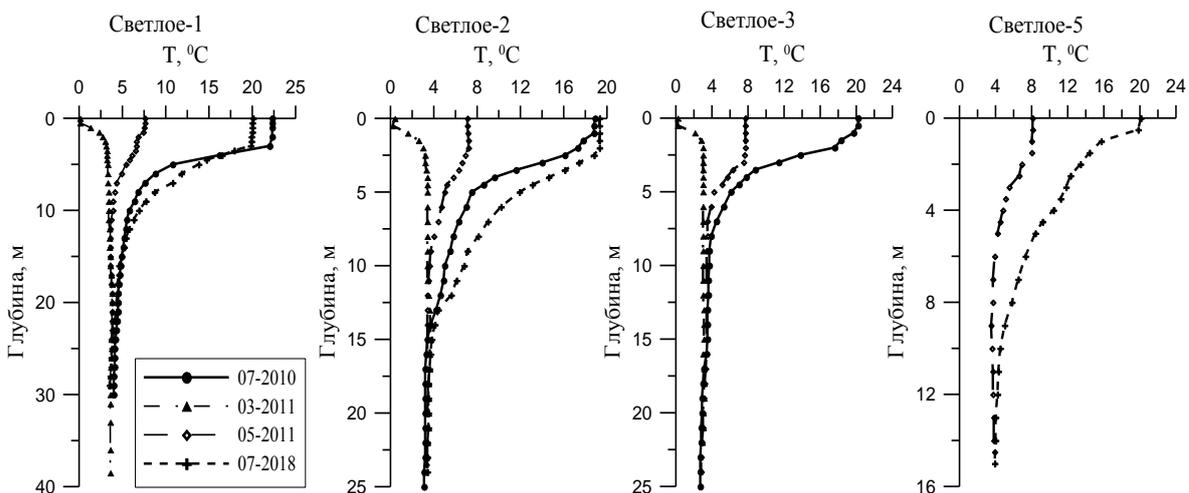


Рис. 2 – Вертикальные профили температуры в изучаемых озерах

Выполненные исследования показали постоянное присутствие сероводорода в воде трех обследованных озер. В кислородных водах он обнаруживается эпизодически в микроколичествах. В более глубоких анаэробных водах уровень его содержания и характер вертикального распределения для каждого озера индивидуальны (Рис. 3). Наиболее однородное распределение сероводорода отмечено в анаэробной зоне озера Светлое-1: здесь во все периоды исследования его концентрации преимущественно изменялись в интервале от 25 до 33 мкг/л, составляя в среднем 30 мкг/л. Несколько меньший уровень концентраций (в среднем 17 мкг/л) отмечен в придонных водах оз. Светлое-5. Наиболее высоким содержанием сульфидов характеризуются анаэробные воды озер Светлое-2 и Светлое-3 – в среднем 400 и 160 мкг/л соответственно, а также воды хемоклина оз. Светлое-1 – до 130 мкг/л. В оз. Светлое-1 в зоне хемоклина над максимумом сероводорода фиксировался отчетливо выраженный максимум сульфатов (Рис. 3), обусловленный окислением сероводорода как химическим путем при контакте с кислородными водами, так и при участии микроорганизмов.

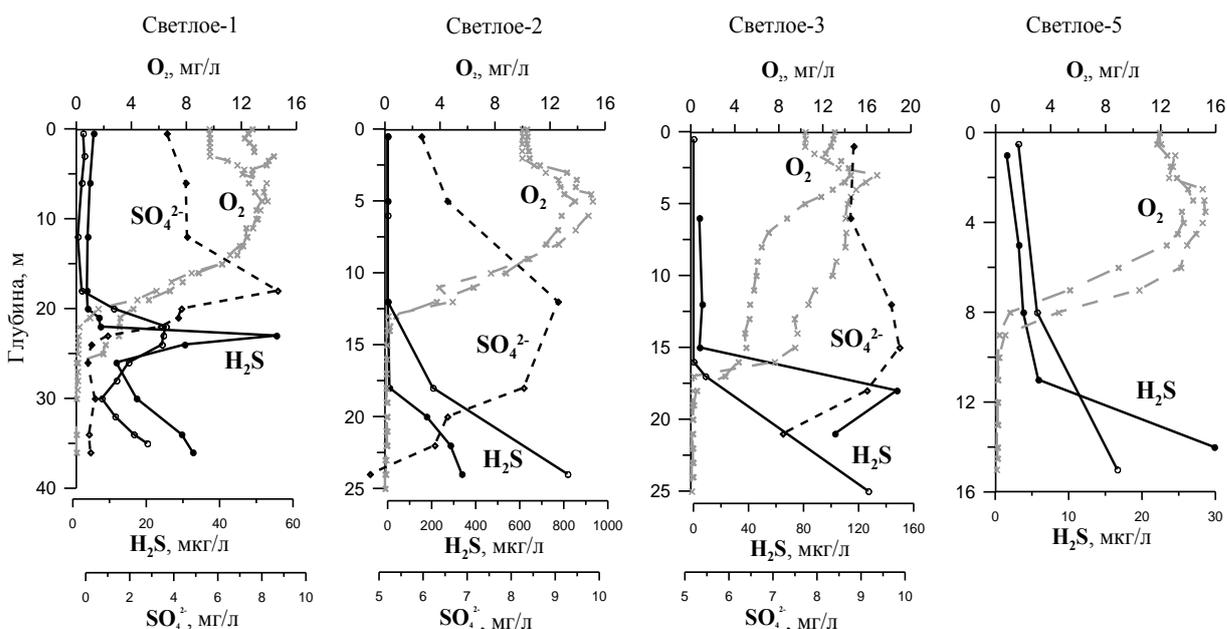


Рис. 3 – Вертикальное распределение кислорода, сероводорода и сульфатов в изучаемых озерах в летнее время

Содержание сульфатов в воде исследованных озер сравнительно не велико и составляет в среднем 4,6 мг/л (от 3,5 до 5,6 мг/л); в зоне хемоклина оно снижается – до

1 мг/л (от 0,1 до 4,11 мг/л), а в анаэробной зоне составляет всего 0,1 мг/л (от 0,1 до 0,5 мг/л), что обусловлено, скорее всего, потреблением их сульфатредуцирующими бактериями в процессе генерации сероводорода. Резкая убыль концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$  при незначительном изменении концентрации хлорида подтверждает это предположение.

Содержание растворенного железа значительно изменяется по вертикали водного столба всех исследованных озер (в озере Светлое-4 измерения не проводили). Для озера Светлое-1 его количество изменялось в среднем от 75–90 мкг/л в аэробной зоне до 10840 мкг/л в анаэробном мнимомolimнионе, для озера Светлое-2 – в среднем от 140 мкг/л до 230–312 мкг/л; для оз. Светлое-3 – от 70 мкг/л до 49700 мкг/л соответственно в миксомимнионе и придонных слоях воды. При переходе от аэробных условий к анаэробным во всех случаях возрастает роль двухвалентного железа в составе общего растворенного и в придонных водах его доля в составе Fe(II+III) составляет не менее 90%. В анаэробных водах замыкающего систему озера количество растворенного железа составляет 11110 мкг/л, однако доля Fe(II) в его составе не превышает 50%.

Высокое содержание в мнимомolimнионе растворенных железа и марганца (до 3000 мкг/л) при постоянном присутствии  $\text{H}_2\text{S}$  позволили нам характеризовать пресноводное озеро Светлое-1 как меромиктическое с железо-марганцевым типом меромиксии [6, 7].

Воды хемоклина озера Светлое-1 в течение всего периода наблюдений были окрашены в бледно-розоватый цвет, который связан с наличием достаточно высокой численности фикоэритрин-содержащих цианобактерий *Synechococcus sp.* [9]. Присутствие «розовых вод» неоднократно отмечалось и на границе аэробной и анаэробной зоны оз. Светлое-2.

По результатам изучения вертикального распределения температуры, кислорода, рН и электропроводности в воде пресноводных озер, дающих начало реке Светлая, установлено наличие устойчивой стратификации с выделением для большинства из них характерной для меромиктических водоемов структуры слоев. В переходном слое (хемоклин), начало анаэробной зоны сопровождается резким увеличением величины электропроводности и появлением в воде растворенного сероводорода. Для первого в системе озера Светлое-1 достоверно установлен меромиктический статус с железо-марганцевым типом меромиксии. Для озер Светлое-2 и Светлое-3 проведено недостаточное количество полевых съемок для достоверной констатации наличия круглогодичной плотностной стратификации, однако все первичные признаки меромиксии (температурная и кислородная стратификация, наличие «скачкообразного» увеличения удельной электропроводности) в периоды отбора проб присутствовали. Выявленная специфика физико-химических параметров водной толщи делает возможным проведение уникальных исследований по изучению процессов анаэробной минерализации органического вещества (сульфатредукции и метаногенеза), аноксигенного фотосинтеза, трансформации вещества на окислительно-восстановительных геохимических барьерах и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jeffries M.O., Krouse H.R. Isotopic and chemical investigations of two stratified lakes in the Canadian Arctic // *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*. 1985. V. 21. P. 71-78.
2. Иванов М.В., Русанов И.И., Пименов Н.В., Байрамов И.Т., Юсупов С.К., Саввичев А.С., Леин А.Ю., Сапожников В.В. Микробные процессы цикла углерода и серы в озере Могильном // *Микробиология*. 2001. Т. 70. № 5. С. 675-686.
3. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н., Белевич Т.А., Воронов Д.А., Демиденко Н.А., Житина Л.С., Ильяш Л.В., Кокрятская Н.М., Лунина О.Н., Мардашова М.В.,

- Прудковский А.А., Саввичев А.С., Филиппов А.С., Шевченко В.П. Комплексные исследования отделяющихся водоемов на разных стадиях изоляции от Белого моря в марте 2012 г. // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 5. С. 714-717.
4. Малов А.И. Подземные воды Юго-Восточного Беломорья: формирование, роль в геологических процессах. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 234 с.
  5. Гофаров М.Ю., Болотов И.Н., Кутинов Ю.Г. Ландшафты Беломорско-Кулойского плато: тектоника, подстилающие породы, рельеф и растительный покров. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 157 с.
  6. Chupakov A.V., Chupakova A.A., Moreva O.Yu., Shirokova L.S., Zabelina S.A., Vorobieva T.Y., Klimov S.I., Brovko O.S., Pokrovsky O.S. Allochthonous and autochthonous carbon in deep, organic-rich and organic-poor lakes of the European Russian subarctic // *Boreal Environment Research*. 2017. V.22. P. 213-230.
  7. Чупаков А.В., Покровский О.С., Широкова Л.С., Воробьева Т.Я., Забелина С.А., Кокрятская Н.М., Морева О.Ю., Ершова А.А., Шорина Н.В., Климов С.И. Гидрохимические особенности пресноводного меромиктического оз. Светлое (Архангельская область) // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Естественные науки*. 2013. № 1. С. 20-31.
  8. Стародымова Д.П., Радченко К.А., Бычков Д.А., Фяйзуллина Р.В., Шевченко В.П., Кокрятская Н.М., Травкина А.В. Геохимия тяжелых металлов в донных осадках озера Светлое (Архангельская область) // *Актуальные проблемы наук о Земле. Сб. трудов II научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием (Южный федеральный университет, 27 октября 2016 г.)*. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. С. 467-470.
  9. Savvichev A., Kokryatskaya N., Zabelina S., Rusanov I., Zakharova E., Veslopolova E., Lunina O., Patutina E., Bumazhkin B., Gruzdev D., Sigalevich P., Pimenov N., Kuznetsov B., and Gorlenko V. Microbial processes of the carbon and sulfur cycles in an ice-covered, iron-rich meromictic lake Svetloe (Arkhangelsk oblast, Russia) // *Environmental Microbiology*, 2017. V.19. Is.2, p. 659-672 doi:10.1111/1462-2920.13591.
  10. Kallistova A., Kadnikov V., Rusanov I., Kokryatskaya N., Beletsky A., Mardanov A., Savvichev A., Ravin N., Pimenov N. Microbial communities involved in aerobic and anaerobic methane cycling in a meromictic ferruginous subarctic lake // *Aquatic Microbial Ecology*. 2018. V. 82. P. 1-18.
  11. Shevchenko V.P., Lisitsyn A.P., Vinogradova A.A., Starodymova D.P., Korobov V.B., Novigatsky A.N., Kokryatskaya N.M., Pokrovsky O.S. Dispersed sedimentary matter of the atmosphere // *Biogeochemistry of the Atmosphere, Ice and Water of the White Sea: The White Sea Environment. Part I.* / A.P. Lisitsyn, V.V. Gordeev (eds.). *The Handbook on Environmental Chemistry*. V. 81. Springer Nature, 2018. P. 9-46.
  12. Violleer E., Inglett P. W., Hunter K., Roychoudhury A. N., Capellen P. The ferrozine method revisited: Fe (II) / Fe (III) determination in natural waters // *Applied Geochemistry*. 2000. V. 15. P. 785-790.

## ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПРЭСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

*Е.С. Колпакова, А.В. Вельямидова, Н.В. Швецова, Т.А. Королёва*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, kolpelen@yandex.ru

Одним из немаловажных факторов, определяющих экологическое состояние природных экосистем, является присутствие токсичных хлорорганических соединений, склонных к переносу на большие расстояния и накоплению.

Среди хлорорганических соединений особое место занимают стойкие органические загрязнители (например, гексахлорбензол и пентахлорфенол) [1] и хлорфенольные соединения (хлорированные фенолы и их производные) с высокой липофильностью и токсичностью [2, 3]. Эти соединения в разной степени способны сорбироваться на твердых частицах органического вещества, что влияет на их биодоступность и подвижность в природных средах [2]. Способность к переносу на дальние расстояния и затрудненная деградация в холодных климатических условиях благоприятствуют накоплению этих соединений в компонентах арктических и субарктических экосистем, что усиливает негативное влияние токсичных соединений на живые организмы.

В ходе ранее проведенных исследований малых субарктических озер, не подверженных прямой антропогенной нагрузке, выявлено присутствие в донных осадках гексахлорбензола (ГХБ), пентахлорфенола (ПХФ) и хлорфенольных соединений (ХФС), что обусловлено распространением этих соединений в окружающей среде путем атмосферного переноса от абиогенных источников, а также протеканием в водоемах естественных энзиматических и биохимических процессов [4, 5].

В работе представлены результаты изучения субарктических водоемов с целью получения данных об уровнях содержания ГХБ и ПХФ в донных осадках, а также компонентном составе хлорфенольных соединений, общим содержанием хлорорганических соединений.

Районы исследования относятся к Большеземельской и Малоземельской тундрам, расположенным в пределах Ненецкого автономного округа и северной части Республики Коми. Особенности климата обусловлены расположением тундр на арктическом побережье, большой их протяженностью с запада на восток и равнинным характером рельефа. Климат формируется под преимущественным влиянием воздушных масс, проникающих из Арктики и Сибири [6]. Характерной особенностью тундр является обилие озер, основная часть которых относится к термокарстовым.

Объектом исследования являются донные осадки (ДО), отобранные сотрудниками ФИЦКИА РАН в ходе летней экспедиции в июле 2016 года по изучению компонентов ландшафтов тундровых территорий. Отобраны осадки в двух малых термокарстовых озерах (Тундровое-3 и Тундровое-4), территориально расположенных в бассейне реки Колва (Большеземельская тундра), а также на левом берегу реки Сойма, притоке реки Сула (Малоземельская тундра, бассейн Печоры).

Извлечение хлорорганических соединений из воздушно-сухих проб ДО проводили методом ускоренной жидкостной проточной экстракции горячей смесью органических растворителей при температурах ниже точки кипения. Полученный экстракт обрабатывали раствором гидроксида натрия для разделения кислых и нейтральных соединений. Общее содержание соединений кислого характера (включая ПХФ и ХФС) определяли в соответствии со стандартом ISO 14154:2005 [7] суммированием концентраций в легко- и трудноэкстрагируемой фракциях. Для извлечения фракции легкоэкстрагируемых ХФС, щелочной раствор соединений

кислого характера, реэкстрагировали гексаном. Остаток анализируемого образца ДО после экстракции обрабатывали 10 М раствором NaOH, дополнительно выделяя фракцию трудноэкстрагируемых ХФС. Выделенный из каждой фракции пентахлорфенол дериватизировали уксусным ангидридом в слабощелочной среде для получения его ацетильных производных. Органическую фазу, содержащую соединения нейтрального характера (включая ГХБ) очищали от сопутствующих органических примесей с использованием многослойных колонок. Количественное определение и идентификацию хлорорганических соединений проводили методом капиллярной газовой хроматографии с электрозахватным детектированием.

Метод определения органически связанного хлора основан на высокотемпературном сжигании (950-1000 °С) анализируемой пробы твердой матрицы в токе кислорода с последующим микрокулонометрическим титрованием выделившихся хлорид-ионов на анализаторе параметров АОХ/ЕОХ/РОХ Multi X 2500 [8].

Гексахлорбензол обнаружен во всех исследованных ДО субарктических водоемов (таблица). В целом, концентрации ГХБ были сопоставимы, но всё же более загрязненным (0,0075 нг/г) оказалось озеро Тундровое-3, в илистых осадках которого содержание  $C_{орг}$  достигало 4,07 %. В песчано-глинистых осадках озера Тундровое-4 и песчаных осадках реки Сойма с очень низким  $C_{орг}$  (менее 1 %) количества ГХБ составляли 0,0018 и 0,0043 мкг/г, соответственно.

Таблица 1 – Содержание хлорорганических соединений в ДО субарктических водоемов

Район исследования		$C_{орг}$ , %	ГХБ, мкг/г	ПХФ, мкг/г	ХФС, мкг/г
Малоземельская тундра	р. Сойма	0,54	0,0018	<0,0001	0,0150
Большеземельская тундра	оз.Тундровое-3	4,07	0,0075	<0,0001	0,0827
	оз.Тундровое-4	0,81	0,0043	<0,0001	0,0172
	оз.Тундровое-2	38,4	0,0102	0,0080	0,1850
о. Вайгач	оз.Тундровое-1	1,75	0,0021	н.о.	0,0150
	оз. Талатинское	2,83	0,0044	н.о.	0,0010

Примечание: н.о. – не обнаружено; <0,0001 – ниже предела обнаружения

Следует отметить, что по концентрациям ГХБ в осадках рассматриваемые субарктические водоемы оказались близки к ранее обследованным малым субарктическим озерам Большеземельской тундры (Полярное Предуралье) и на территории острова Вайгач – 0,0021–0,0102 мкг/г.

Пентахлорфенол также определен в исследованных осадках, хотя и на уровне предела обнаружения. Это дает основание предполагать опосредованное влияние здесь техногенного фактора.

Кроме ПХФ в осадках присутствовали и другие ХФС, с наибольшими концентрациями в осадках озера Тундровое-3 (0,0827 мкг/г). В остальных пробах ДО содержание ХФС составило 0,0172 мкг/г (оз. Тундровое-4) и 0,0150 мкг/г (р. Сойма).

Приведенные значения в целом были сопоставимы с данными по количественному содержанию ХФС в осадках субарктических озер предыдущего исследования (Табл.).

Среди низкохлорированных фенолов в озерных и речных осадках в наибольших количествах были идентифицированы 2,4- и 2,6-ДХФ. Такие соединения могут образоваться в результате энзиматических процессов в условиях, благоприятных для продуцирования, и представляют собой группу природных метаболитов [9]. Факторами, влияющими на динамичность (активность) энзиматических процессов, являются рН и температура среды. Оптимальная активность хлорпероксидазы в процессе естественного образования (ферментативного биосинтеза) ХФС наблюдается при кислых рН [10]. Оптимальной для ферментативного биосинтеза является температура до 30 °С. Что касается низких температур, то активность процессов снижается, но не исчезает [10]. Температура в исследуемых районах в летний период составляла от 8 до 13 °С, значения рН в почвах – 5,13–6,58. Такие показатели окружающей среды могли способствовать протеканию процессов естественного образования ХФС, как в почвах, так и в ДО исследованных районов.

Среди высокохлорированных соединений в ДО присутствовали три- и тетрахлорфенолы. Как известно, пентахлорфенол наряду с 2,4-дихлорфенолом, 2,4,6-трихлорфенолом и 2,3,4,6-тетрахлорфенолом представляют собой профиль соединений, образующихся при сжигании топлива органического происхождения, древесины [9]. Продукты сжигания/горения были обнаружены во всех исследованных осадках, но данный профиль наиболее характерен для осадков оз. Тундровое-4.

Присутствие антропогенных загрязнителей в ДО субарктических водоемов, скорее всего, обусловлено атмосферным переносом от источников загрязнения, связанных с термическими процессами. Возможно, сказывается влияние атмосферных выбросов промышленного узла соседнего региона, предприятия которого ведут активную добычу каменного угля и его использование [11]. Нельзя не учитывать и тот факт, что собственно территории Большеземельской и Малоземельской тундр относятся к районам крупномасштабной добычи и транспортировки нефти с сопутствующим открытым сжиганием нефтепродуктов, а также отработанных технологических газов в факельных установках и т.п. [11].

Если рассматривать вклад целевых хлорорганических соединений в количественное содержание органического хлора (ООХ), то в осадках всех исследованных водоемов таковой был крайне незначителен – менее 1 %. При этом уровни содержания ООХ в ДО сильно варьировали, достигая 243 мкг Сl/г.

Таким образом, полученные данные дают основание предполагать разнородность хлорорганических соединений, отличающихся по свойствам, сорбционной способности и устойчивости к деградации в природных условиях. Исходя из удаленности районов исследования от прямых источников антропогенного воздействия и учитывая неблагоприятные климатические условия, формирование хлорированной органики в осадках субарктических водоемов, вероятнее всего, происходит за счет атмосферного переноса от различных источников в низких широтах с последующим мокрым и сухим осаждением на водосборных площадях при участии естественного энзиматического и биохимического продуцирования, протекающего в компонентах водных экосистем (почва, вода, донные осадки); количественное же содержание хлорорганических соединений определяется балансом между конкурирующими друг с другом процессами – поступлением/продуцированием и деградацией в условиях этих экосистем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях с поправками 2015 года. Текст и приложения. [Электронный ресурс] // UNEP Chemicals. – Режим

доступа:

<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>.

2. Lyytikäinen M. Environmental fate and bioavailability of wood preservatives in freshwater sediments near an old sawmill site // *Chemosphere*. 2001. V. 44. P. 341-350.
3. Suntio L., Shiu W., Mackay D. A review of the nature and properties of chemicals present in pulp mill effluents // *Chemosphere*. 1988. V. 17. P. 1249-1290.
4. Троянская А.Ф., Вельямидова А.В. Стойкие органические загрязнители в субарктических озерах на Европейском Крайнем Севере России // *Водные ресурсы*. 2017. № 4. С. 465-474.
5. Колпакова Е.С. Хлорфенольные соединения в пресноводных озерах субарктических регионов // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2018. Т. 64. № 4. С. 380-390.
6. Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. Сообщества класса Охусоссо-Sphagnetia Br.- Bl. et R. Тх. 1943 в восточноевропейских тундрах // *Растительность России*. 2015. № 26. С. 55-84.
7. ISO 14154:2005(E). Soil quality – Determination of some selected chlorophenols – Gas-chromatographic method with electron-capture detection. International standard. 2005. 15 p. 7. Method 8081B (SW-846): Organochlorine pesticides by gas chromatography. Revision 2 // US EPA. 2007. 57 p.
8. DIN 38414 (Teil 17). Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Schlamm und Sedimente (Gruppe S). Bestimmung von ausblasbaren und extrahierbaren, organisch gebundenen Halogenen (S 17). Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. November 1989. 12 p.
9. Gribble G. W. Natural Organohalogen. Science Dossier. Euro Chlor, 2004. 60 p.
10. Угарова Н.Н. Стабилизация растворимых и иммобилизованных ферментов путем химической модификации фермента или носителя. *Итоги науки и техники. Серия Биологическая химия*. Т. 12. М.: ВИНТИ АН СССР, 1978. С. 92-114.
11. Шумилова А.Н. Антропогенная нагрузка на природную среду Ненецкого автономного округа // *Вестник Поморского университета. Серия «Естественные и точные науки»*. 2010. № 1. С. 29-34.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Е.Н. Косарева<sup>1</sup>, Е.М. Романов<sup>2</sup>, Е.Н. Шабанова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУ САС «Архангельская», г. Архангельск, agrohim\_29@mail.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, agrohim\_29@mail.ru

Одной из главных задач землепользователя является повышение плодородия почв, используемых в сельскохозяйственном производстве. Внесение на бедных почвах высоких доз удобрений в меньшей степени влияет на формирование урожая, чем накопленный за годы применения удобрений запас питательных веществ.

Природные и антропогенные факторы, воздействуя на почву, в той или иной степени изменяют и её плодородие. Единственным практическим путём оценки характера этих изменений является мониторинг, основа которого – сплошное

периодическое агрохимическое обследование. По его данным выявляются тенденции в изменении плодородия, количественная оценка этих изменений, их положительный или отрицательный характер. Полученная информация служит целенаправленному регулированию минерального питания растений, главный принцип которого заключается в применении агрохимических средств и технологий, устраняющих лимитирующие факторы.

В соответствии с утверждённым планом проведения очередного цикла агрохимического обследования в 2018 году работы по отбору образцов проводились в двух административных районах Архангельской области: Пинежском и Вельском. Районы различаются территориями, характеристиками, в той или иной степени влияющими на агрохимические свойства почв и на их трансформацию.

Борьба с повышенной кислотностью почв является приоритетным направлением в земледелии области. Кардинальным средством изменения кислотности является известкование. В течение последних лет этот мелиоративный приём фактически исключён из мероприятий по поддержанию и улучшению плодородия почв, однако в 2019 год ряд хозяйств области планируют применять известкование (таблица 1).

Таблица 1 - Известкование кислых почв в области

Годы	В среднем за год					2016	2017	2018	2019
	1994-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015				
Площадь известкования, га	16664	603	252	5	198	332	-	-	500

Для получения более чёткой картины тенденций изменения агрохимических свойств почвы необходимо в первую очередь рассматривать результаты, полученные на обследованной в отчётном году территории (таблица 2).

Таблица 2 - Изменения площадей кислых почв пашни в обследованных районах

Районы	Год обследования	Обслед. площадь, га	Всего кислых почв, га	В том числе сильно и среднекислых почв, га	Средневзвешенное значение рН
Пинежский	2012	7376	4932	2644	5,2
	2018	7730	5315	2962	5,3
	<b>Изменение ±</b>	<b>354</b>	<b>383</b>	<b>318</b>	<b>0,12</b>
Вельский	2012	28160	11492	3566	5,6
	2018	26790	12883	4653	5,5
	<b>Изменение ±</b>	<b>-1370</b>	<b>1391</b>	<b>1087</b>	<b>-0,1</b>
Область	2017	256976	107466	49400	5,6
	2018	255960	109240	50805	5,6
	<b>Изменение ±</b>	<b>-1016</b>	<b>1774</b>	<b>1405</b>	<b>-0,01</b>

Площади обследования пашни районов в 2018 году по отношению к 2012 году сократились на 2,9% (1016 га), в Вельском районе на 1370 га, в Пинежском - площадь обследования увеличилась на 354 га. Количество кислых почв пашни возросло на 1774 га. В обоих районах эта группа почв выросла (в Пинежском районе на 383 га, а в Вельском районе на 1391 га). В том числе площадь средне и сильно кислых земель пашни выросла в Пинежском районе на 318 га, а в Вельском на 1087 га. Средневзвешенное значение рН почв пашни изменилось в сторону подкисления

реакции в Пинежском районе на 0,12 единиц, в Вельском районе этот показатель изменился в противоположную сторону на 0,1 единицу. В таблице № 3 приведены данные по количеству кислых почв на пашне за последние годы [1, 7].

Таблица 3 - Площади кислых почв пашни за 2010-2018 г.г.

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Площади кислых почв, тыс.га.	95,1	95,7	97,6	100,8	100,8	105,7	107,5	107,5	109,2

Следует отметить, что происходит постепенное увеличение площади кислых почв пашни, что не сказывается на содержании органического вещества в почве, особенно при временном исключении земель из сельскохозяйственного производства. Проведённые исследования показали, что происходит заметный рост общего количества органического вещества. В таблице 4 приведены данные по изменению содержания органического вещества в почвах пашни области, за точку отсчёта принят 1992 год.

Таблица 4 - Динамика изменения средневзвешенного содержания органического вещества в пахотных почвах области

Годы	1992	В среднем				2016	2017	2018
		1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015			
Содержание гумуса, %	2,45	2,58	2,63	2,67	2,73	2,80	2,84	2,84

Залужение, вывод пашни из оборота сопровождается ростом её гумусированности. В таблице 5 приведены изменения по количеству органического вещества пахотных почв в обследованных районах.

Таблица 5 - Трансформация площадей пашни по содержанию гумуса в обследованных районах

Районы	Год обследования	Площадь обследования, га	Площади с содержанием гумуса, га			Средневзвешенное значение, мг/кг
			Менее 2%	2-4%	4% и более	
Пинежский	2012	6513	1655	3977	881	2,87
	2018	6132	1637	3741	754	2,8
<b>Изменение ±</b>		<b>-381</b>	<b>-18</b>	<b>-236</b>	<b>-127</b>	<b>-0,07</b>
Вельский	2012	23711	8623	11539	3549	2,78
	2018	23728	8926	11392	3410	4,9
<b>Изменение ±</b>		<b>17</b>	<b>303</b>	<b>-147</b>	<b>-139</b>	<b>2,12</b>
Пинежский	2017	230770	60049	127979	42431	2,84
Вельский	2018	228224	59978	126224	41711	2,84
<b>Изменение ±</b>		<b>-2546</b>	<b>-71</b>	<b>-1755</b>	<b>-720</b>	<b>0</b>

Из показателей таблицы прослеживается незначительное снижение средневзвешенного содержания гумуса между турами агрохимического обследования в Пинежском районе и существенное увеличение того же показателя в Вельском районе. Уменьшение площади обследования Пинежского района в последнем туре сказалось на уменьшении площадей групп содержания гумуса соответственно. В Вельском районе группы содержания гумуса изменились благодаря почвенным процессам, а не сокращению площади обследования.

Результаты обследования по содержанию подвижного фосфора в пахотных почвах, показывают, что за текущий и прошлый год площадь обследования сократилась на 1016 га, площади пашни с содержанием подвижного фосфора от 100 мг/кг и менее

выросли на 1544 га, а с содержанием более 250 мг/кг и более сократились на 879 га, средневзвешенное содержание элемента на пашне снизилось незначительно на 2 мг/кг [2]. Динамика количества подвижного фосфора приведена в таблице № 6.

Таблица 6 - Изменение содержания подвижного фосфора в пахотных почвах

Годы	В среднем					2016	2017	2018
	1992-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015			
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	185	181	180	177	176	172	171	169

Наблюдается четкая тенденция снижения содержания подвижного фосфора в области. Более высоким темпам потерь фосфора из почвы препятствует выведенная из оборота пашня, где фосфор в основном циркулирует в системе почва-растение. Несмотря на заметное уменьшение запасов подвижного фосфора, более половины пашни остаётся хорошо обеспеченной этим элементом.

Показатель средневзвешенного содержания элемента калия в почве уменьшился на 13 мг/кг почвы, но тем не менее степень обеспеченности подвижным калием повышенная. Если сравнить областные данные за 2017 и 2018 годы, то можно отметить, что площади пашни с содержанием подвижного калия 120 мг/кг и менее увеличились на 585 га, площадь пашни с содержанием калия 120-250 мг/кг сократилась больше всего на 1567 га, а площадь пашни с содержанием 250 мг/кг и более сократилась малозначительно на 34 га. Средневзвешенное содержание элемента на пашне не изменилось. Характер изменений в содержании подвижного калия за длительный период в целом по области приведен в таблице № 7.

Таблица 7 - Динамика содержания обменного калия в почвах пашни

Годы	в среднем					2016	2017	2018
	1994-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015			
содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	134	128	128	130	133	137	135	135

Начиная с 2006 года, количество обменного калия в почве увеличивается. В 2016 году содержание калия отмечено как самое высокое за данный промежуток времени, а в 2017 содержание элемента незначительно сократилось и не меняется по настоящее время. Концепция самоорганизации предполагает, что почва стремится вернуться к устойчивому стационарному состоянию калия при тех или иных внешних воздействиях [2, 3]. Таким образом, сложившаяся определенная постоянная нагрузка на почву способствует стабилизации в ней обменного калия на определенном минимальном уровне.

Валовое содержание тяжелых металлов (далее – ТМ) в почве не всегда служит критерием их токсичности. Невысокая корреляционная связь между ним и накоплением ТМ в растениях предполагает использовать ПДК валового содержания как сугубо ориентировочные. Более подходящим для оценки токсичности являются подвижные формы ТМ, которые непосредственно доступны растениям.

Ландшафтно-геохимические факторы, в общем и целом, играют важную роль в накоплении и перераспределении ТМ в природе. В районах рек накапливаются все ТМ, вынесенные со всей площади водосбора. Приводим данные по содержанию ТМ в разных типах почв в одном из обследованных районов [4, 5, 6] (таблица № 8)

Таблица 8 - Средневзвешенное содержание тяжелых металлов в различных типах почв с/х угодий Вельского района

Тип почвы	Площадь обследования, га	Среднее содержание ТМ, мг/кг почвы					
		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	As
Дерновая	121,9	17,4	184	15,6	11,9	12,2	203,9
Дерново-подзолистая	2071	390	1811,4	626,9	67,3	498,6	7316
Аллювиальная	825	193,5	1349,5	212,7	43,4	325,9	4200,1

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 26483-85 «ПОЧВЫ. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО».
2. ГОСТ Р 54650-2011 «ПОЧВЫ. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО».
3. ГОСТ 26213-91 «ПОЧВЫ Методы определения органического вещества».
4. ФР 1.31.2012.13573 «Методика измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом».
5. ФР 1.31.2013.16678 «Методика выполнения измерений массовой доли ртути в пробах почв и донных отложений метом беспламенной атомно-абсорбционной спектроскопии».
6. Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом МСХ. ЦИНАО. М,1993.
7. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб.

#### **ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ РОССИИ: ПРАКТИКА, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Ю.В. Краснов, А.А. Шавыкин*

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, kharlov51@mail.ru

В Советском Союзе изучение морских птиц активное развитие получило в северных морях европейской части страны и ограничивалось, главным образом, территорией заповедников, полярных и биологических станций. Здесь в стационарных условиях были отработаны методы мониторинга гнездящихся морских колониальных птиц и накоплены большие объемы информации о многолетних тенденциях развития отдельных популяций [1].

С ростом объемов данных об экологии морских птиц в период размножения становилось очевидным, что многие фундаментальные задачи, например, определение роли птиц в морских экосистемах невозможно решить без комплекса информации, полученной в открытых районах моря. С середины 1980-х годов большинство специалистов стало рассматривать морских птиц в качестве истинно морских организмов. Эти подтвердилось в ходе исследований о влиянии промысла гидробионтов на орнитофауну и воздействия последней на запасы промысловых рыб [2, 3]. В ряде стран, в частности в Норвегии, появились национальные программы по исследованию птиц в открытых районах морей и океанов. Результаты норвежских исследований были отражены в итоговой публикации в конце 1980-х гг. [4].

В отечественной орнитологии исследования в открытых районах моря до начала 1990-х гг. были крайне редки, порой носили попутный характер и осуществлялись силами отдельных энтузиастов. В восточной части Баренцева моря впервые специальный цикл *наблюдений за птицами с морских судов* был осуществлен в начале 1990-х гг. [5]. Кроме изучения трофической активности птиц (в районах массового промысла и вне их) эти наблюдения до некоторой степени были привязаны к экологическому сопровождению проектов разработки шельфовых месторождений углеводородов. Выбор наиболее оптимальных вариантов их добычи и транспортировки, реальная оценка вероятного ущерба авифауне в случае аварийных ситуаций, связанных с загрязнением акваторий, невозможна, если неизвестна численность и плотность распределения птиц в конкретных районах, закономерности их сезонного размещения, пролетные руслу и миграционные остановки. Отработку методов орнитологических наблюдений, адаптацию их к конкретным целям и задачам, и последующий сбор орнитологической информации проводили с начала 1990-х гг. в ходе более 130 судовых и 13 авиационных (7 с использованием самолета-лаборатории, 6 – вертолета) экспедиций в Баренцевом, Белом и Карском морях.

Особенностью морских птиц, как объекта исследований, является высокая динамичность. Постоянно перемещаясь в поисках пищевых ресурсов, птицы способны преодолевать сотни километров в течение суток. В летний период на акватории моря могут находиться как размножающиеся особи, так и птицы по каким-либо причинам, не принимающие участие в гнездовании в данном сезоне. Если гнездящиеся особи большинства видов ведут поиск корма в прибрежье (их радиус разлета от мест размножения, как правило, не превышает сотни километров), то «холостые» особи с суши никак не связаны.

Используя морское судно, исследователь получает предельно полные данные о видовом составе и половозрастной структуре авифауны по маршруту движения. Но этому методу присущи общие недостатки. При наблюдениях с судна всех типов невозможно оперативно определить численность и установить характер распределения птиц на обширных площадях вследствие различий в скоростях движений судна и птиц. Вокруг судна могут формироваться кильватерные сообщества особенно в районах интенсивного рыбного промысла, где такое сообщество у промысловых судов может состоять из нескольких тысяч особей. Активные перемещения, которых не позволяют объективно оценить количество птиц и в самом сообществе и общую численность в конкретном обследуемом районе [6].

Ряд видов морских уток, особенно во время миграций, уклоняются от судна, оставаясь за пределами учетной зоны. Особые сложности возникают при попытках с борта морского судна оценить численность линяющих уток в крупных стаях с высокой плотностью распределения. С борта морского судна практически невозможно проводить наблюдения вдоль узкой прибрежной полосы или в обширных мелководных районах. В силу этих причин до второй половины 1990 гг. в юго-восточной части Баренцева моря (в Печорском море) не удавалось выявить районы особо плотной концентрации морских уток, собирающихся для линьки или отдыха в период миграций [7].

*Методы наблюдений с самолетов-лабораторий* позволяют максимально оперативно охватить учетами обширные районы, получить карты реального распределения массовых видов морских птиц в отдельных районах и в целом на акватории моря, установить общую численность и плотность распределения птиц на маршруте полета [6]. Установленные на самолетах-лабораториях измерительные комплексы позволяют получить протоколы учетов птиц с данными о высоте и скорости полета на любом отрезке и на маршруте в целом, плотность распределения на нем объектов наблюдений. Но и этот метод учета птиц имеет существенный недостаток – ограниченный видовой состав наблюдаемых объектов. В тоже время в Баренцевом,

Белом и Карском морях большинство приоритетных для мониторинга видов вполне подходят для авиационных наблюдений. Для глупыша (*Fulmarus glacialis*) и массовых видов морских уток, это вообще единственный способ получения адекватных данных о количественном распределении.

Прямое использование плотностей распределения птиц (общее число зарегистрированных особей, деленное на площадь учетной акватории) по результатам трансектных учетов не может считаться корректным [7, 8], так как в этом случае принимается модель равномерного распределения птиц на акватории моря. Реальная картина противоречит этой модели. В этом случае необходимо применение статистического подхода, опирающегося на достаточно обоснованные предположения и позволяющий рассчитать погрешность оценок численности [7, 8]. Важно, что наблюдения с борта авианосителей позволяют оценить общую численность птиц в открытых районах моря по адаптированной методике Н.Г. Челинцева [9]. Но и в этом случае, полученные результаты отражают лишь статичную картину распределения и численности конкретных видов птиц на момент учета. В реальности на осмотренном участке акватории мог происходить интенсивный обмен особей и, соответственно, в течение более длительного периода наблюдений (суток и более) данный район могло посетить значительно большее количество птиц.

В узкой прибрежной полосе материка и островных архипелагов, в полыньях и разводьях применение самолета-лаборатории неэффективно и наблюдения проводятся с борта вертолета. На нем также может быть установлен измерительный комплекс, позволяющий получить протоколы учетов птиц с сопутствующими данными о полете. При обнаружении крупных скоплений птиц через открытую боковую дверь вертолета можно производить фотосъемку с помощью профессиональных или полупрофессиональных камер. Ее результаты позволяют уточнить видовой состав птиц и их численность в скоплении. При распределении морских уток в узкой прибрежной полосе такие учеты позволяют максимально полно определять видовой, половозрастной состав и численность наблюдаемых птиц. Менее эффективно использование вертолета при трансектном учете. Наблюдение за птицами с борта вертолета может осуществляться через боковые иллюминаторы или, при наличии возможности, из кабины пилотов прямо по курсу. Но в любом из этих случаев наблюдатель сталкивается с проблемой корректного определения полосы учета. В тоже время возможность наблюдения прямо по курсу полета является наиболее предпочтительной из-за негативной реакции части видов птиц на подлетающую машину. Некоторые виды птиц при появлении вертолета заблаговременно ныряют и их не удается обнаружить через боковые иллюминаторы.

Итак, в зависимости от целей и задач, стоящих перед исследователем, наблюдения за морскими птицами на акватории северных морей можно проводить, используя как судовые, так и авиационные методики учета или их сочетание. Но всегда необходимо иметь в виду, что эти методики имеют как достоинства, так и недостатки. Количественные данные наблюдений за птицами, полученные исключительно с борта судна в большинстве случаев не могут рассматриваться как пригодные для последующего мониторинга. Результаты даже наиболее адекватных авиационных методов учета в открытых районах моря относительно и являются лишь основой для дальнейшего расчета численности птиц статистическими методами.

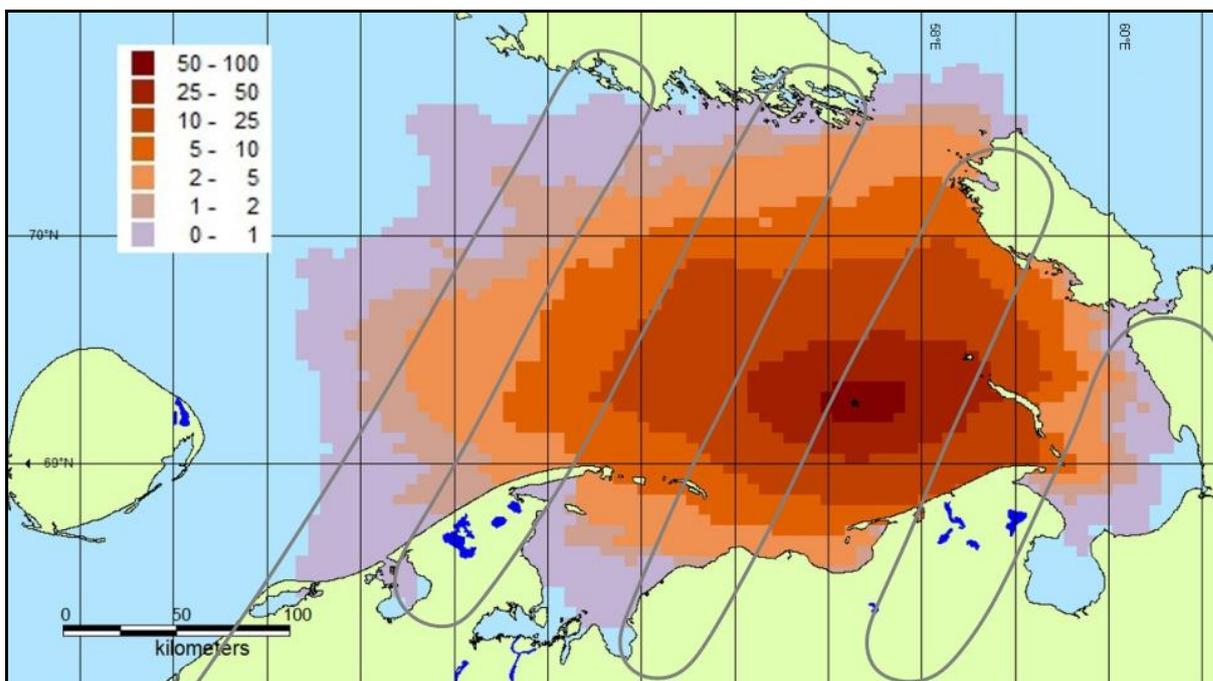
В современной России особой проблемой является выбор необходимых объемов экологических исследований на различных стадиях сопровождения морских проектов и количества собираемой информации при проведении инженерно-экологических изысканий, оценки воздействия на окружающую среду и экологического мониторинга. Из практики проведения таких мероприятий известно, что финансируется

минимальный объем работ. По этим же причинам исследования морских птиц в открытых районах моря в рамках данных проектов нередко осуществляют непрофильные специалисты. Чаще всего орнитологические наблюдения выполняются с борта судна, попутно или при выполнении исследований других звеньев экосистемы, то есть совершенно не учитываются особенности морских птиц, как объекта исследований. Для определения количественных характеристик возможного негативного воздействия на морских птиц при реализации шельфовых проектов необходимо выяснить фоновое состояние орнитофауны в течение всего годового цикла и изучение фонового состояния среды. Выполнить такой объем работ в ходе 1-2 судовых экспедиций по конкретному проекту невозможно. Это требует проведения ежегодных экологических съемок в течение целого ряда лет при использовании адекватных, в том числе обязательно методов исследований с авиационных носителей.

Экологический мониторинг (производственный экологический мониторинг) должен предусматривать получение данных об общей численности и плотности птиц в районе возможного воздействия шельфового проекта, в том числе для оценки изменения экологической ситуации в целом, и для комплексного управления морским природопользованием. Вся орнитологическая информация, полученная в ходе наземных, судовых и авиационных наблюдений в рамках шельфовых проектов (и исследований, связанных не только с ними), должна также использоваться для разработки интегральных карт уязвимости биологических ресурсов [10]. Эти карты далее должны бы включаться в планы ликвидации разливов нефти (ЛРН). Такие карты дают возможность минимизировать негативные последствия разлива в ходе операций по ЛРН и ущерб от них. Для корректной разработки подобных карт уязвимости орнитофауны требуется количественная оценка плотности распределения птиц в картографируемом районе: данные о плотности распределения основных, наиболее массовых видов птиц по сезонам. Кроме того, при расчетах следует учитывать различную уязвимость видов от нефти, что во многом определяется временем контакта птиц с водой [11]. Однако это положение (в части составления карт уязвимости района воздействия [10, п. 8.4.12]) исключено из указанного документа и отсутствует в новой его редакции от 2016 г.

При оценке плотности распределения птиц необходимы данные о них не только в пределах лицензионного участка (ЛУ), например, ЛУ для платформы «Приразломная» (ПАО «Газпром») в Печорском море. Все эта информация, как и последующие карты уязвимости, требуется для всего возможного района воздействия платформы, который не ограничивается только ЛУ, а фактически охватывает все море (см. Рис. 1).

В Печорском море много лицензионных участков и компании «ПАО «НК Роснефть». Чтобы иметь данные о сезонном распределении птиц в этом районе необходимо проведение авианаблюдений с борта самолета лаборатории (примерная предварительная схема маршрутов показана на Рис. 1). Подготовка карт уязвимости для зоны воздействия платформы «Приразломная» в существующих условиях достаточно сложная проблема, так как требуется объединение не только информации (и обмен первичными данными о среде и биоте) между разными компаниями, но и объединение их усилий по финансированию и проведению экологических исследований. В этом вопросе должно быть сказано решающее слово государственных природоохранных органов. Иначе при реализации многих шельфовых проектов реальные карты уязвимости от антропогенных воздействий будут неполными или ограниченными.



Серая линия – примерный маршрут полета для авианаблюдений и учета распределения орнитофауны

Рис. 1 – Вероятность (в процентах) поражения акватории за 10 суток в безледный период, сезон 2, разлив 1 500 т, сырая нефть, выброс из скважины 72 часа, толщина пленки 10 мкм [12].

Таким образом, для решения многих природоохранных задач, связанных с освоением арктического шельфа, безусловного сохранения биоразнообразия в этих районах и для комплексного управления морским природопользованием требуется совершенствование методов экологических исследований, в том числе в отношении орнитофауны, а также принятие на уровне государства соответствующих нормативно-правовых документов, которые позволят объединить и координировать действия всех субъектов, реализующих в Арктике свои проекты.

*Исследование проведено в ходе выполнения Госзаданий Минобрнауки РФ № 0228-2019-0028 и № 0228-2019-0029.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснов Ю.В., Матишов Г.Г., Галактионов К.В., Савинова Т.Н. Морские колониальные птицы Мурмана / СПб.: Наука, 1995. 226 с.
2. Camphuysen C.J., Calvo B., Durinck J., Ensor K., Follestad A., Furness R.W., Garthe S., Leaper G., Skov H., Tasker M.L., Winter C.J.N. Consumption of discards by seabirds in the North Sea / Final report to the European Commission study contract BIOECO/93/10, NIOZ-Report 1995. V. 5. Netherlands Institute for Sea Research. Texel. 1995. 202 pp.
3. Krasnov J.V., Barrett R.T. Large-scale interaction among seabirds, their prey and humans in the southern Barents Sea. / Ecology of Fjords and Coastal Waters. Ed. by H.R. Skjoldal et al. Amsterdam: Elsevier Science, 1995. P. 443-456.
4. Mehlum F. Summer distribution of seabirds in northern Greenland and Barents Sea / Norsk Polarinstitutt Skrifter. 1989. N 191. 56 p.
5. Краснов Ю.В., Николаева Н.Г. Распределение морских птиц в юго-восточной части Баренцева моря в июле 1993 г. / Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1996. С. 98-104.

6. Краснов Ю.В., Черноок В.И., Гаврило М.В., Шавыкин А.А., Терещенко В.А. Использование самолетов-лабораторий для мониторинга морских птиц и млекопитающих на акваториях арктических морей // Зоол. журнал. 2004. Т. 83, № 3. С. 330-341.
7. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Шавыкин А.А., Николаева Н.Г., Гаврило М.В., Черноок В.И. Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны / Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 164 с.
8. Краснов Ю.В., Шавыкин А.А. Практика мониторинга морских птиц в Баренцевом море. Проблемы и перспективы / Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. М.: Наука, 2005. С. 141-156.
9. Челинцев Н.Г. Математические основы учета животных / М.: ГУ Центрохотконтроль, 2000. 431 с.
10. СП 47.13330.2012. Свод Правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализованная редакция СНиП 11-02-96. М.: Минрегионразвития РФ, 2012. 117 с.
11. Шавыкин А.А., Карнатов А.Н. Методика построения карт чувствительности уязвимости прибрежно-морских зон от нефти / Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение. СПб.: Реноме, 2018. С. 292–317. Doi: <http://doi.org/10.25990/genomespb.w0pj-zq52>
12. НМЦ «Информатика риска», ГОИН, Гидрометцентр РФ, ААНИИ. Моделирование поведения возможных разливов нефти при эксплуатации МЛСП «Приразломная». Отчет о НИР. 2013. 88 с.

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ЛИНИЙ *CORBICULA* SP. В БАССЕЙНЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ**

*Кропотин А.В.<sup>1,2</sup>, Беспалая Ю.В.<sup>1,2</sup>, Аксенова О.В.<sup>1,2</sup>, Травина О.В.<sup>1</sup>, Шевченко А.Р.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [alekscropotin@yandex.ru](mailto:alekscropotin@yandex.ru)

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

Инвазивные виды являются серьезной угрозой для экологической стабильности и биологического разнообразия пресноводных экосистем [10]. Двустворчатые моллюски рода *Corbicula* являются наиболее агрессивными пресноводными инвайдерами и их вторжение может привести к негативным экологическим и экономическим последствиям [10].

Нативный ареал рода *Corbicula* охватывает Азию, Ближний Восток, Австралию и Африку [4]. Первая находка представителей рода *Corbicula*, за пределами этого ареала, была сделана в 1924 году на острове Ванкувер, Британская Колумбия. В 70х годах 20 века корбикула распространилась по всей Северной и Южной Америке [7]. Экспансия рода *Corbicula* в Европу началась в 1980 году [9].

Представителей рода *Corbicula* отличает широкий спектр репродуктивных стратегий. Для нативных популяций характерно половое размножение [6]. Инвазивные линии, являются гермафродитами и размножаются путем андрогенеза [6]. У андрогенетических линий корбикул сперматозоиды двужгутиковые, у линий размножающихся половым путем сперматозоиды имеют один жгутик [6].

Особенности репродуктивной биологии и жизненных циклов моллюсков инвазивных линий рода *Corbicula* активно изучаются в настоящее время. Так,

проведено изучение размножения популяций эндемичных видов, таких как *C. madagascariensis* с о. Мадагаскар, Индонезийских островов (о. Суматра и о. Сулавеси) [6]. На основе музейных образцов проведено изучение анатомии и характера размножения азиатских и африканских пресноводных моллюсков *C. fluminalis* [8]. Изучены особенности размножения в зависимости от различных факторов среды нативных популяций эстуарных видов корбикул. Выявлено влияние температуры и солености на процессы размножения [5]. Изучены сезонные изменения аминокислотного состава в гонадах *C. japonica* (Японское море) [1]. Однако, несмотря на значительный интерес к представителям рода *Corbicula*, комплексных исследований характера репродукции этих моллюсков в нативных частях ареала и за его пределами в настоящее время недостаточно.

В 2015 в подогретых водах Архангельской ТЭЦ обнаружены популяции *Corbicula* spp. Это самая северная находка представителей рода *Corbicula* в России и в мире.

Цель настоящей работы состояла в изучении особенностей размножения инвазивных линий *Corbicula* sp. бассейне р. Северная Двина.

Отбор проб проводили ежемесячно в период с января 2017 по декабрь 2018 по стандартной методике [3]. В целом было изучено 1596 особей.

Длину раковины моллюсков измеряли при помощи штангенциркуля с точностью измерения до 0.1 мм.

Все особи были вскрыты для определения наличия, размера, формы личинок и характера их локализации в жабрах моллюсков. Длину обнаруженных личинок измеряли при помощи микроскопа Axio Lab.A1 (Carl Zeiss). Фотографирование жабр с личинками осуществляли при помощи микроскопа Axio Lab.A1 (Carl Zeiss) с цифровой камерой AxioCam ICc 5 (Carl Zeiss).

Гистологическое изучение гонад корбикул проводилось на основе материалов за 2018 год. Для гистологического исследования гаметогенеза гонады половозрелых особей фиксировали в 96% спирте и, в последующем, заливали в парафин по общепринятой методике [2]. Срезы толщиной 6 мкм изготавливали с помощью микротомы HM 325 (Thermo Scientific). Полученные срезы окрашивали гематоксилином с докраской эозином. Изучение полученных гистологических микропрепаратов проводилось при помощи микроскопа Axio Lab.A1 (Carl Zeiss).

В ходе проведенных исследований изучена динамика размерной структуры моллюсков. Выявлены значительные сезонные изменения размерной структуры популяции корбикул. В 2017 году в январе-марте в популяции преобладали ювенильные особи. В период с апреля по май доминировали особи, имеющие средний размер раковины, в период с сентября по декабрь преобладали моллюски крупных размеров. Беременные особи *Corbicula* sp. (с вынашиваемыми личинками на жабрах) были обнаружены в июне и в сентябре 2017 г. Размер личинок варьировал от 156 до 306 мкм. В период с февраля по апрель 2018 года в популяции преобладали взрослые особи с размером раковины более 26 мм. В период с мая по декабрь доминировали особи размерного класса 14 -21 мм. Ювенильные особи обнаружены в июне-июле.

Гистологическое исследование гонад, показало, что созревание половых клеток начинается в апреле и заканчивалось в мае. В целом, зарегистрированная динамика размерной структуры популяции в 2017 году соответствовала двум поколениям в год, с размножением с мая по июнь и с августа по сентябрь. А в 2018 году соответствовала одному поколению в год с размножением, начинающимся с конца мая и продолжающимся, приблизительно, по июль.

*Изучение особенностей размножения Corbicula sp. в бассейне р. Северная Двина проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 17-44-290436 p-a.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов В.В., Матросова И.В., Евдокимова А.В. Исследование полового цикла и со свободных аминокислот у корибиккулы японской *Corbicula japonica* Prime (1864) (Mollusca: Bivalvia) // Актуальные проблемы химии, биологии и медицины. Красноярск: Научно-информационный центр 2011. Книга 2. С. 92-107.
2. Курс патологогистологической техники / Г.А. Меркулов. Медгиз. 1956
3. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / отв. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовской. М.: Наука, 1975. 240 с.
4. Araujo R., Moreno D., Ramos MA. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Meuller, 1774) (Bivalvia: corbiculidae) in Europe // Am Malacol Bull. 1993. Vol. 10. P. 39-49.
5. Baba K., Tada M., Kawajiri T., Kuwahara Y. Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in lake Abashiri, Hokkaido, Japan // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1999. Vol. 180. P. 213-221.
6. Glaubrecht M., von Rintelen T., Korniushev AV. Towards a systematic revision of brooding freshwater Corbiculidae in southeast Asia (Bivalvia, Veneroidea): on shell morphology, anatomy and molecular phylogenetics of endemic taxa from islands in Indonesia // Malacologica. 2003. Vol. 45. P. 1-40.
7. Karatayev A.Y., Padilla D.K., Minchin D., Boltovskoy D., Burlakova L. E. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves // Biological Invasions. 2007. Vol. 9. No. 2. P. 161-180.
8. Korniushev AV. A revision of some Asian and African freshwater clams assigned to *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), with a review of anatomical characters and reproductive features based on museum collections // Hydrobiologia. 2004. Vol. 529 P. 251-270.
9. Mouthon J. Sur la présence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie // Basteria. 1981. Vol. 45. P. 109-116.
10. Oliveira P., Lopes-Lima M., Machado J., Guilhermino L. Comparative sensitivity of European native (*Anodonta anatina*) and exotic (*Corbicula fluminea*) bivalves to mercury // Estuar Coast Shelf Sci. 2015.

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.С. Кубасова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, г Москва, kubasovascha@yandex.ru

Загрязнение окружающей среды радионуклидами является одним из основных направлений современной экологии. Для Архангельской области и сопредельных территорий этот вопрос особенно актуален, ввиду наличия таких объектов как:

- испытательный полигон «Северный» на архипелаге Новая Земля, на котором в период между 1955 и 1990 гг. было произведено 214 испытаний ядерного оружия, в том числе 87 испытаний – в атмосфере;

- центр атомного судостроения – Северодвинск (Архангельская обл.)

- базы атомных подводных лодок Северного флота на Кольском полуострове (Мурманская обл.), где сосредоточено множество объектов и предприятий по строительству, обслуживанию и утилизации АПЛ, а также мест выдержки или захоронения радиоактивных отходов;

- Кольская атомная электростанция с 4 реакторами типа ВВЭР, находящейся в

пос. Полярные Зори (Мурманская обл.);

Кроме того, запланировано строительство Кольской АЭС-2, предположительно в районе Кунчаст-губы озера Имандра. Строятся новые блоки на другой северной АЭС – Калининской (г. Удомля Тверской обл.).

Наличие таких потенциальных источников загрязнения определяет необходимость изучения миграции и аккумуляции техногенных радионуклидов в природных экосистемах области.

Одним из основных объектов загрязнения является почва, далее радионуклиды могут мигрировать по почвенному профилю и вовлекаясь в пищевые цепи ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-ЖИВОТНОЕ-ЧЕЛОВЕК, или ЛИШАЙНИК-ОЛЕНЬ-ЧЕЛОВЕК, что весьма актуально для Архангельской области, жители северных районов которой активно занимаются оленеводством.

В связи с этим, большая часть исследований касается накопления радионуклидов в почвах. В «чистом» виде взаимодействие радионуклидных загрязнений с почвой реализуется при выпадениях на поверхность почвы, свободной от растительности. Почва является уникальным природным сорбентом благодаря исключительно сложному вещественному составу, в котором можно наблюдать практически все известные виды сорбционных взаимодействий. Применительно к  $^{137}\text{Cs}$  можно выделить несколько видов сорбционных взаимодействий: прежде всего, необменная фиксация на слоистых глинистых минералах смектитовой группы, а также обменное поглощение, комплексообразование и другие взаимодействия с растворимыми и нерастворимыми органическими веществами почвы.

Конкретная степень снижения подвижности радионуклида определяется типом почвы и химической формой радиоактивного изотопа. Для почв области (суглинистые, глинистые) высока прочность сорбционного закрепления. Необменная фиксация  $^{137}\text{Cs}$  осуществляется на почвах тяжелого гранулометрического состава, т.к. в них выше содержание тонкодисперсных илистых частиц – носителей глинистых минералов. Концентрация радиоцезия в почвах зависит также и от содержания органического вещества в них.

По данным, полученным в результате наших исследований, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почвах различных районов Архангельской области находится в основном на уровне 28-36 Бк/кг (Табл. 1), что в общем соответствует публикациям исследований, выполненных в Архангельской области [1, 2].

Таблица 1 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных пробах

№	Район области	Место взятия проб	Слой почвы, см	Бк/кг
1	Мезенский	Каменка	Подстилка	36±4
			0–5	26,5±0,2
			5–10	19,8±0,7
2	Приморский	Васьково	Подстилка	12,4±0,9
			0–5	50,9±1,0
			5–10	22,4±0,9
3	Холмогорский	Коскошина	Подстилка	30±4
			0–10	14,8±0,5
			10–20	11,5±1,0
4	Виноградовский	Усть-Ваеньга	Подстилка	25±3
			0–10	11,8±0,7
			10–20	8,1±0,9
5		Березничек	Подстилка	13,2±1,1
			0–10	11,4±0,5
			10–20	11,5±0,6

№	Район области	Место взятия проб	Слой почвы, см	Бк/кг
6	Верхне-тоемский	Алексеевская	Подстилка	28±2
			0–10	25±2
7		Власьевская	Подстилка	63±6
			0–10	9,5±0,6
			10–20	5,2±0,4
8	Красноборский	Березовка	Подстилка	65,9±1,4
			0–10	16,0±0,5
			10–20	8,1±0,3

Обзор результатов показывает, что наибольшее количество  $^{137}\text{Cs}$  даже спустя десятки лет после поверхностного загрязнения продолжает оставаться в верхних слоях почвы, что свидетельствует о высокой сорбционной способности данных почв. Ниже по профилю содержание радионуклида в общем постепенно понижается. Причиной умеренного проявления вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  является, очевидно, весьма прочное закрепление радиоцезия в почвенном поглощающем комплексе по механизмам ионной фиксации в кристаллической решётке глинистых минералов и/или труднообменного удержания в малорастворимых органических гумусовых веществах [3, 4].

В целом в сводке данных по почвам наблюдается некоторая тенденция к снижению уровней загрязнения цезием с севера на юг области, т.е. от арктического побережья вглубь континента, хотя и полученные результаты говорят о незначительном превышении уровня «глобального» загрязнения на данных широтах. Эти данные могут свидетельствовать о новоземельском происхождении загрязнения.

Следующим звеном в этой цепочке выступает растение, в которое радионуклиды проникают через корневую систему, или аэральное поступление, которое является доминирующим для мхов и лишайников.

Попадая из почвы в растение, радиоактивные вещества в зависимости от своих химических свойств проникают в надземные части или же задерживаются в корневой системе. Содержание естественных радионуклидов в растениях зависит от их концентрации в окружающей среде, вида растений, функционального состояния растительности, вида экосистемы и т. д. Небезызвестно о растениях-концентраторах радионуклидов, которые способны их накапливать (щавель, крапива, гречиха). При ведении животноводства важно учитывать этот факт. Также необходимо расширение исследования и изучение поведения радионуклидов в пойменных лугах области. Пойменные луга хотя и занимают небольшую территорию, но они являются исторически важными и высокопродуктивными, кроме того, на них произрастает большое количество редких видов лекарственных трав.

В целях радиационного мониторинга, для биоиндикации радиоактивного загрязнения местности, довольно часто в прошлом использовались лишайники. Связано это с тем, что лишайники накапливают радионуклиды не из почвы, а непосредственно из воздуха; продолжительность жизни лишайников весьма велика; лишайники медленно растут и слабо теряют накопленные радионуклиды; среди лишайников много видов с обширными ареалами; лишайники легко доступны для сбора в любое время года. Кроме того, лишайники практически одинаково прочно удерживают большинство искусственных и естественных радионуклидов. В настоящее время содержание  $^{137}\text{Cs}$  в слоевищах лишайников не столь велико (0–49 Бк/кг), что доказывают наши исследования (Табл. 2). Видовой специфичности накопления радиоцезия в лишайниках не отмечено.

Таблица 2 – Результаты измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках

№	Район области	Место взятия проб	Виды лишайников	Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
1	Мезенский	Каменка	<i>Cladonia sylvatica</i>	22±3
2	Приморский	Васьково	<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia alpestris</i> <i>Cladonia rangiferina</i>	51±22 37±2 49±3
3	Холмогорский	Гбач	<i>Cladonia sylvatica</i>	-2±2
4	Пинежский	Пинега	<i>Usnea dasypoga</i>	15±11
5	Холмогорский	Коскошина	<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia sylvatica</i>	8±2 15±1
6	Виноградовский	Усть-Ваеньга	<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia sylvatica</i> <i>Usnea dasypoga</i>	5±6 10±2 6
7		Конецгорье	<i>Cladonia sylvatica</i>	0±1
8		Березничек	<i>Usnea dasypoga</i>	5±4
9	Верхнетоемский	Власьевская	<i>Usnea dasypoga</i> <i>Cladonia sylvatica</i>	15±8 16±3
10	Красноборский	Березовка	<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia sylvatica</i> <i>Peltigera aphthosa</i> <i>Usnea dasypoga</i>	17,3±0,3 23 53±22 11±1

Лишайники – эффективные аккумуляторы практически всех выпадающих радионуклидов. Северный олень поедает лишайники более экстенсивно, чем другие арктические животные, особенно в зимний сезон. В мясе оленей содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  остаётся на сравнительно низком уровне в июле – августе, потом растёт в течение зимы и достигает максимальных значений к весне [5]. В настоящее время максимальное содержание в анализируемом мясе было 100 Бк/кг [6]. Однако, учеными Санкт-Петербурга было установлено, что 1965-1966 гг. в Архангельской области содержание цезия – 137 в организме оленеводов было в 5 раз выше, чем в 1986 г., и по сравнению с жителями юга России – в 10-100 раз. [7]. Доза внутреннего облучения за счет  $^{137}\text{Cs}$  у коренного населения составляет основную долю искусственного облучения. Высока смертность коренного населения связана с онкологическими заболеваниями [8].

Еще раз отметим, что по исследованиям, проводимым последние десятилетия, не наблюдалось превышение значений допустимого уровня в почвах, и продуктах питания (молоко, мясо, мясо северных оленей, рыба, хлеб и хлебопродукты, овощи, картофель, грибы и ягоды лесные) [6].

Однако, отсутствие загрязнения в настоящем, не отменяет угрозы загрязнения в будущем. Это определяет необходимость обеспечения радиационной безопасности населения (состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения) [9].

Радиационная безопасность обеспечивается несколькими путями:

проведением комплекса мер правового, организационного, инженерно-технического, санитарно-гигиенического, медико-профилактического, воспитательного и образовательного характера;

осуществлением федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного

самоуправления, общественными объединениями, другими юридическими лицами и гражданами мероприятий по соблюдению правил, норм и нормативов в области радиационной безопасности;

информированием населения о радиационной обстановке и мерах по обеспечению радиационной безопасности;

обучением населения в области обеспечения радиационной безопасности.

Для северных территорий, и территорий, которые могут быть в зоне загрязнения необходим комплекс мероприятий для обеспечения радиационной безопасности населения. Важная составляющая этих мер - мониторинг радиоэкологической ситуации района и информирование населения о радиационной обстановке. Однако, наиболее благоприятный исход в случае возникновения чрезвычайной ситуации может быть достигнут только благодаря общим усилиям, что означает обязательное обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Г.П., Баженов А.В. и др. О радиоактивности окружающей среды Архангельского промышленного района // Экология человека, 2006. № 2. С. 3-6.
2. Юдахин Ф.Н., Баженов А.В., Киселев Г.П. Закономерности распределения радиоцезия в почвах Архангельской области // Север: экология. [Сб. науч. тр.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 7-17.
3. Алексахин Р.М. Проблемы радиоэкологии: Эволюция идей. Итоги. М.: РАСХН – ВНИИСХРАЭ, 2006. 880 с.
4. Лурье А.А. Радиоэкология леса. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010.- 158 с.
5. Уорнер Ф. (ред.). Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде / Ф. Уорнер, Р. Харрисон // Радиоэкология после Чернобыля. М.: Мир, 1999. 512 с.
6. Официальный сайт ФГУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды» [Электронный ресурс].-режим доступа: <http://eco29.ru/>
7. Хвостова М.С. История изучения естественной и искусственной радиоактивности природных объектов России: автореферат дис. ... кандидата географических наук: 07.00.10 / Ин-т истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Москва, 2006. 32 с.
8. Хвостова М.С., Воронков Д.А., Пыхтин А.С. Вопросы радиоэкологии арктического региона России / Российская Арктика. 2019. № 4. С. 58-71.
9. Радиационная безопасность населения Российской Федерации [Электронный ресурс].-режим доступа: <http://rb.mchs.gov.ru/>

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СВИНЦА В ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ КРИОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

*Кузнецова И.А.<sup>1</sup>, Мироненко К.А.<sup>1</sup>, Соболев Н.А.<sup>2</sup>, Орлов А.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [kia.iepn@gmail.com](mailto:kia.iepn@gmail.com)

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

В условиях циклического криогенного воздействия на почвы северной тайги

важным составляющим элементом миграции тяжелых металлов, является процесс десорбции, протекающий при изменении агрегатного состояния почвенного раствора.

Моделирование десорбции свинца в криогенных условиях показало, что наибольшую сорбционную емкость и устойчивость к десорбции ионов свинца исследуемые почвы проявили в условиях без заморозки, что можно объяснить отсутствием влияния вымораживания из системы наименее слабо связанного свинца за счет физической адсорбции.

Влияние криогенеза на процесс десорбции ионов свинца наиболее ярко выражено для иллювиально-железистого горизонта (с увеличением числа циклов удерживающая способность почвы снижается), в то время как для торфа и грубогумусового горизонта криогенные процессы не оказывают выраженного воздействия. Для подзолистого горизонта снижение удерживающей способности проявилось в большей степени на первых циклах «заморозки-оттаивания».

Анализ относительного содержания свинца в почвах после десорбции под воздействием вымораживания и без него (Рис. 1) показал наибольшую устойчивость почв, богатых органическим веществом, что можно объяснить преобладанием механизмов комплексообразования и ионного обмена при связывании свинца и большей устойчивостью почвенных коллоидов органического происхождения по сравнению с неорганическими гелями.

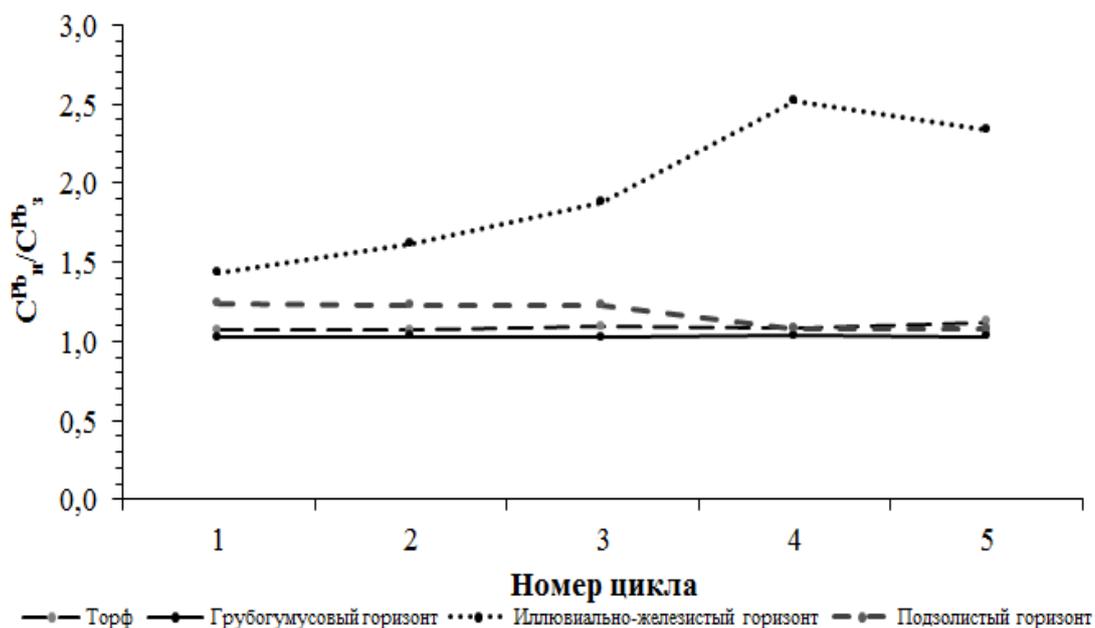


Рис. 1 – Относительное изменение содержания свинца в почве при десорбции в условиях циклической заморозки ( $C^{Pb}_з$ ) и без нее ( $C^{Pb}_н$ )

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-35-00552 «Исследование роли криогенеза при формировании состава и физико-химических свойств почв северной тайги на примере почв Онежского района Архангельской области».*

*Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова*

## РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СЕТИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИКЕ

*А.Ю.Лагунов<sup>1</sup>, Д.А.Федин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, a.lagunov@narfu.ru

<sup>2</sup>ООО «Лема», г. Архангельск

Арктика занимает огромную территорию: Северную циркумполярную область земного шара, Северный Ледовитый океан, его моря и острова северной части материков Евразии и Северной Америке.

В настоящее время Арктика становится одним из наиболее стратегически важных регионов планеты, и государства делают серьезные шаги для защиты своих северных геополитических интересов. Это неизбежно происходит из-за того, что примерно четверть мировых запасов нефти и запасов газа, по общему признанию, находится в Арктике [1], а также из-за наличия Северного морского пути, который может значительно сократить время доставки грузов с востока на запад и обратно [2].

Новые риски возникли в Арктике в последние годы. Изменение климата приводит к угрозе повышения уровня моря [3]. Средняя температура воздуха растет, а объем ледников в Гренландии и Антарктиде уменьшается. Уровень Мирового океана повышается в мире в среднем на 3 мм в год. В результате этих природных процессов, происходит изменение береговой линии островов в Северном Ледовитом океане. Это явление может создать проблемы для судоходства.

Арктическая усиление является максимальным развитием потепления в Арктике по сравнению с глобальным потеплением [4]. Перестройка системы циркуляции в Арктике приводит к резкому уменьшению количества арктических льдов в конце летнего периода. Сокращение морского льда является самым обсуждаемым проявлением современного потепления в Арктике. Абсолютный минимум площади, покрытой морским льдом произошло в сентябре 2012 г. Такое сокращение площади льда никогда не наблюдалось раньше. Минимальное значение составило 3,37 млн км<sup>2</sup> на 22-25 сентября 2012 года.

Толщина льда является наиболее трудным для массовых измерений морского ледяного покрова. Методы измерения все еще разрабатываются и совершенствуются. Измерения проводятся с борта воздушных судов, подводных лодок и анкерными ледовыми сооружениями, но методы измерения всё ещё имеют большую погрешность [5]. Другая проблема заключается в таянии вечной мерзлоты, что приводит, во-первых, к оседанию почвы, а, во-вторых, к выделению парниковых газов, в частности метана. Всё вышеперечисленное угрожает безопасности людей в циркумполярном регионе.

Так как дать точный прогноз того, как изменится климат в будущем, не представляется возможным, то существует необходимость постоянного мониторинга природных процессов в Арктике. САФУ вместе со странами Северной Европы в рамках программы Коларктик «Ice Operations» проводит исследование указанных выше и других явлений в Арктике [6]. Цель проекта: содействие в промышленном развитии нефтегазопромысловых и добычных работ на арктических территориях путем развития судоходной доступности, наработки знаний о ледовых условиях и совершенствования их прогнозных моделей с целью обеспечения производственной и экологической безопасности при разработке месторождений.

Человек может проводить исследования в Арктике, но это связано с целым рядом опасностей для его жизни: полярная ночь и полярный день продолжительностью 3-5 месяцев, которые оказывают негативное воздействие на психику человека; магнитные бури, которые вызывают кратковременное расстройство здоровья; низкие температуры воздуха во время полярной ночи в сочетании с сильными ветрами

создают крайне неблагоприятные условия; резкая изменчивость погодных условий во времени и пространстве в связи с влиянием местных особенностей.

В связи с вышеизложенным, для изучения опасных изменений в Арктике лучше всего использовать сеть датчиков, которая позволяет автоматически собрать все необходимые данные. Мы не можем использовать проводную сеть датчиков, так как существуют неблагоприятные условия, такие как движение льда, оседание почвы из-за таяние вечной мерзлоты, сильные ветра, которые могут повредить кабель. Мы полагаем, что в Арктике, лучше использовать беспроводную сенсорную сеть.

Для того, чтобы обеспечить команду исследователей телекоммуникациями, наша команда разработала проект контейнера. Мы составили техническое задание для разработки удаленного сбора данных и системы управления в автономном платформе. Требования к программной части системы сбора данных и управления:

1. Система должна обеспечивать автономность платформы.
2. Сбор данных должен быть организован из всех основных устройств, подключенных к системе: Satellite iDirect X3 модем, гибридный контроллер заряда, инвертор, Wi-Fi маршрутизатор, видеосервер, метеостанции, данных GPS.
3. Для обеспечения максимального времени работы, система должна попеременно снижать энергопотребление устройства (если это возможно), или отключить устройство от источника питания, в зависимости от приоритета, который был установлен, в случае недостаточного заряда батареи.
4. Для текущего контроля за показаниями системы должен быть реализован веб-интерфейс, обеспечивающий безопасный доступ из внутренней сети.
5. Для того, чтобы контролировать систему, сбор статистических данных, служебную информацию, удаленную настройку и поддержку устройства клиент должен иметь возможность доступа к внутренней сети через телекоммуникационную сеть.
6. Устройство должно аккумулировать необходимую информацию и хранить ее в течение определённого периода (месяц, год, пять лет).
7. Устройство должно информировать местного оператора системы о всех нештатных ситуациях, а также удаленного администратора.
8. Способом предупреждения о чрезвычайных ситуациях (критической разрядке батарей при отсутствии выработки энергии, резкое уменьшение/увеличение температуры в нагревательной камере) является электронная почта или сообщение в мессенджере.
9. Система должна направить уведомление о необходимости подключения генератора дизель/газ, или другого источника энергии местному оператору.

Требования к оборудованию для сбора данных и управления системами:

1. Диапазон рабочих температур системы составляет  $-40 \dots + 50^{\circ}\text{C}$  (устройства связи и управления находятся в нагревательной камере, где температура поддерживается от  $+10^{\circ}\text{C}$  градусов, минимальная температура не должна упасть ниже  $0^{\circ}\text{C}$ ).
2. Рабочее напряжение систем: 12–24 В.
3. Система должна иметь возможность автоматического включения/выключения подключенных устройств в случае необходимости (недостаток электропитания, длительное бездействие).
4. Система должна содержать все интерфейсы для подключения к устройствам, которые установлены в изолированном платформе.
4. Датчик GPS должен быть установлен в системе, чтобы определить текущее местоположение устройства, а также для отправки устройством координат в случае необходимости отправки сигнала SOS.
5. Набор комплекса должен предусматривать наличие устройств/инструментов для определения вертикальных и горизонтальных горизонтов (необходимые для правильной установки антенны).



Рис. 1 – Контейнер

Функциональная схема сети изображена Исходя из этих требований и исследования [7] был создан контейнер (Рис. 1).

на Рис. 2. Обмен информацией с «материком» осуществляется через спутниковую связь через спутником, который находится на геостационарной орбите. Связь осуществляется в Ku-диапазоне. Антенна имеет диаметр 1,8 метра. Для декодирования сигнала, использовать X3 модем iDirect Evolution.

Сигнал от модема подается на Mikrotik Router BOARD 951G-2HnD. Все контейнерные системы управляются с помощью одноплатного компьютера Udoо [8].

Контейнер питается от двух ветрогенераторов и шесть панелей солнечных батарей. Эта система может производить необходимое количество электроэнергии, только в период с мая по сентябрь. В остальное время необходимо подключить бензогенератор, так как во время полярной ночи солнечные панели не дают энергии. Большинство экспедиций организованы летом, так что контейнер может быть использован в полном объеме. Наши эксперименты показали, что контейнер, оставленный на полигоне до октября, оказался практически полностью обесточенным. Часть батарей вышла из строя и потребовала замены.

Большой проблемой для исследователей в Арктике являются белые медведи. Система оснащена четырьмя видекамерами для мониторинга окружающего пространства и своевременного обнаружения белых медведей.

Для организации беспроводной сети мы использовали ML-SM систему мониторинга [9]. Аппаратно-программный комплекс ML-SM включает в себя беспроводные узлы ML-SM-N, интерфейсные модули ML-SM-SX, датчики, ML-SM-G беспроводной шлюз, сервер, специализированное программное обеспечение.

Беспроводной узел ML-SM-N размещен в пластиковом корпусе с защитой IP66. В том же корпусе располагаются платы модулей ML-SM-SX и элементов автономного источника питания.

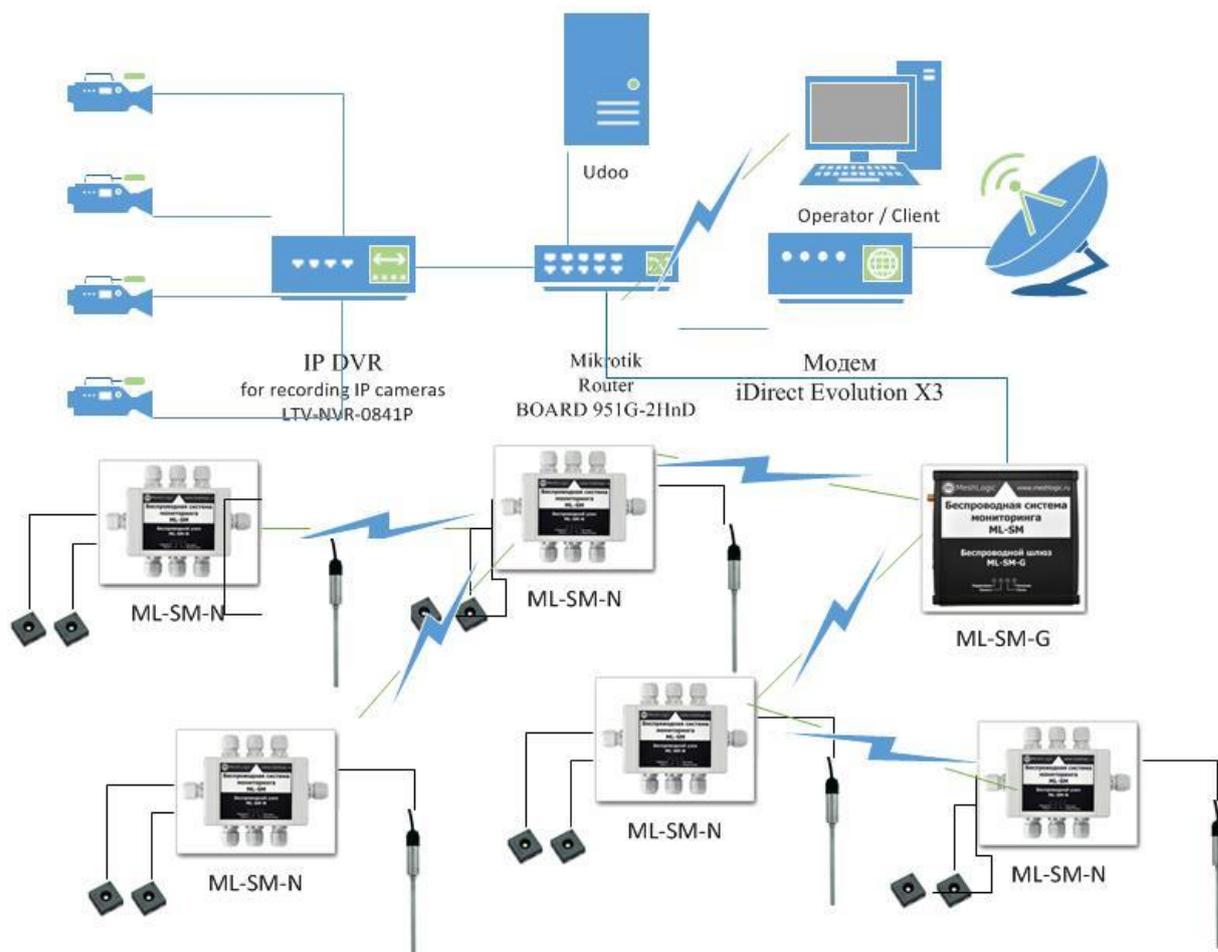


Рис. 2 – Структурная схема телекоммуникационной сети

Универсальная модульная конструкция беспроводного узла ML-SM-N позволяет установить до 4-х модулей в каждом узле для сопряжения с различными типами датчиков в любом порядке и произвольных комбинациях. Для контроля температуры и относительной влажности семейства мы использовали датчики Sensirion SHTx с интерфейсным модулем ML-SM-S1W и термопару с модулем интерфейса ML-SM-STC. Мы установили термопары в блок Grut-03 [10], разработанный в САФУ, для измерения распределения температуры в почве в глубине. Комплекс предназначен для изучения температурной зависимости вертикальных участков почв в Арктике.

Беспроводной шлюз ML-SM-G имеет класс защиты IP20. Мы поместили его в специальный обогреваемый контейнер вместе с другим оборудованием связи. Все элементы: беспроводные узлы, интерфейсные модули и шлюзы, спроектированы и выполнены так, чтобы обеспечить их эффективную работу в широком диапазоне климатических параметров с диапазоном рабочих температур от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Диапазон температур позволяет использовать оборудование в Арктике.

Мы использовали в качестве сервера компьютер Udoо, установив на него программное обеспечение для комплекса ML-SM.

Основные преимущества сети:

- полностью многоступенчатая топология сети;
- все узлы равны и являются маршрутизаторами;
- самоорганизация и автоматический поиск маршрута;
- устойчивость к помехам в канале связи;
- высокая масштабируемость и надежность доставки данных;
- возможность работы всех узлов от независимых источников питания.

Учитывая промежуток времени для обмена данными, указанное в системных настройках (для нашей задачи мониторинга был выбран промежуток в течение одного часа), беспроводные узлы ML-SM-N автоматически выполнять нормализацию и аналого-цифровое преобразование сигналов от внешних датчиков, подключенных к ним. Они осуществляют первичную обработку результатов измерений и их передачу через шлюз радиоканала ML-SM-G. После получения от беспроводных узлов ML-SM-N шлюз данных ML-SM-G сохраняет данные в энергонезависимой памяти, отмечая время их получения и другую служебную информацию для однозначного последующего восстановления собранных данных из архива. Таким образом, шлюз выполняет функцию автономного регистратора показаний, поступающих от распределенных датчиков.

В Арктике человек встречается с множеством опасностей. Это отрицательно влияют на здоровье и психическое состояние исследователя. Наилучшим вариантом является замена человека автоматическими системами контроля. Мы создали одну из этих систем, состоящих из контейнера и сенсорной сети. Система может функционировать в Арктике без человеческого обслуживания в течение довольно долгого времени. Первичные лабораторные испытания показали эффективность построенной сети, но в то же время появились проблемы, которые необходимо решать при дальнейших исследованиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Motomura M. Perspectives on oil and gas development in the Russian Arctic // *Russia's Far North: The Contested Energy Frontier*, 2018. P. 27-42, DOI: 10.4324/9781315121772.
2. Buixadé Farré A., et al. Commercial Arctic shipping through the Northeast Passage: routes, resources, governance, technology, and infrastructure // *Polar Geography*. 2014. Vol. 37 (4). P. 298-324. DOI: 10.1080/1088937X.2014.965769
3. Fučkar N.S., Guemas V., Johnson N.C., Doblás-Reyes F.J. Dynamical prediction of Arctic sea ice modes of variability // *Climate Dynamics*. 2019. Vol. 52 (5-6). P. 3157-3173. DOI: 10.1007/s00382-018-4318-9.
4. Robson J., et al. Recent multivariate changes in the North Atlantic climate system, with a focus on 2005–2016 // *International Journal of Climatology*. 2018. Vol. 38 (14). P. 5050-5076. DOI: 10.1002/joc.5815.
5. Lagunov A., Fedin D., Tyagunin A. Using UAVs for remote study of ice in the arctic with a view to laying the optimal route vessel // *Proceedings of the 2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*. 2014. N 6933168. P. 1293-1299. DOI: 10.15439/2014F226.
6. Ice Operations (KO2100 ICEOP). Kolarctic. Official site. Available: <https://kolarctic.info/projects-2/>.
7. Lagunov A., Podorojnyak N. The research of the complex of alternative energy to power the satellite container // *Proceedings of the 17th IEEE International Conference on Smart Technologies (EUROCON 2017)*. 2017. N 8011137. P. 370-375. DOI: 10.1109/EUROCON.2017.8011137.
8. UDOO X86. UDOO. Official site. Available: <https://www.udoo.org/udoo-x86/>.
9. Wireless monitoring system. MeshLogic. Official site. Available: <http://www.meshlogic.ru/system.html>.
10. Rozevika A., Volkov A., Martinov G., Veselkov A. Development of the hardware-software complex GrUT-03 // *AIP Conference Proceedings*. 2015 – 020080. 2018. DOI: 10.1063/1.5055153.

## БИОХИМИЯ СЕРЫ В ОЗЕРЕ КИСЛО-СЛАДКОМ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

*Г.Н. Лосюк, Н.М. Кокрятская*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, glosyuk@yandex.ru

Исследования водоемов, отделяющихся от Кандалакшского залива Белого моря в результате изостатического поднятия Кольского берега после отступления последнего ледника, проводятся, начиная с марта 2012 г., в рамках комплексных экспедиций на Беломорской биологической станции МГУ имени Н.П. Перцова (ББС МГУ) [1-3]. В результате этих исследований были выявлены особенности протекания биогеохимического цикла серы в озерах, находящихся на разной стадии отдаления от моря. Изучение бактериального восстановления сульфатов в бескислородной среде является актуальным, так как данный процесс может протекать в воде водоемов не только в естественных условиях, но и при застойных явлениях в результате хозяйственной деятельности человека (строительство плотин, дамб, дорог) с развитием сероводородного заражения водной толщи.



Рис. 1 - Спутниковая карта озера Кисло-Сладкое (N 66°32.901 E 33° 08.120)

Озеро Кисло-Сладкое (Кандалакшский залив Белого моря) (Рис. 1) находится на начальной стадии отдаления от моря, в озеро поступает соленая вода при сильных нагонах и приливах через небольшой каменистый порог. В водной толще водоема образовались условия благоприятные для протекания процесса сульфатредукции в период стагнации и для накопления токсичного для гидробионтов сероводорода. Ранее были получены данные по содержанию сероводорода в воде и соединений восстановленной серы в донных осадках [4-7]. Исследования были продолжены и дополнены новыми сведениями о сероводородном заражении придонных горизонтов водоема и о распределении соединений восстановленной серы в воде (сульфидной, элементной и тиосульфатной).

Для исследований были отобраны пробы воды с разных горизонтов погружным насосом MiniPurger WP 4012, в марте и сентябре 2018 г. и в марте 2019 г. погружным поликарбонатным горизонтальным батометром. Сероводород определялся фотометрическим методом по РД 52.24.450-2010 на фотометре Эксперт 003 и йодометрическим методом по РД 52.10.742-2010. Определение различных форм серы в воде проводили по методике [8].

Озеро Кисло-Сладкое небольшое по размеру (длина 196 м, ширина 147 м), средняя глубина 1,5 м, максимальная 4,7 м. Профиль температуры (Рис. 2) в озере меняется в зависимости от сезона, в зимний период температура в водоеме была около

0°C. Многолетние исследования выявили большую изменчивость солености в верхних слоях озера от 5 до 28 ‰ (опреснение за счет атмосферных осадков и таяния снега). На нижних горизонтах, начиная с марта 2013 года, солёность была около 23 – 24 ‰. Но в марте 2019 года озеро оказалось полностью соленым, повсей толще воды солёность была рекордно большая (~ 30 ‰). Таким образом, авторы предполагают промывку озера морской водой осенью 2018 года и зимой 2019 года в результате сильных нагонов и приливов.

Показатель pH меняется в зависимости от времени года: смещается в щелочную область в теплые сезоны (сентябрь 2013 г., июль 2014 г., сентябрь 2018 года) за счет протекающих фотосинтетических процессов.

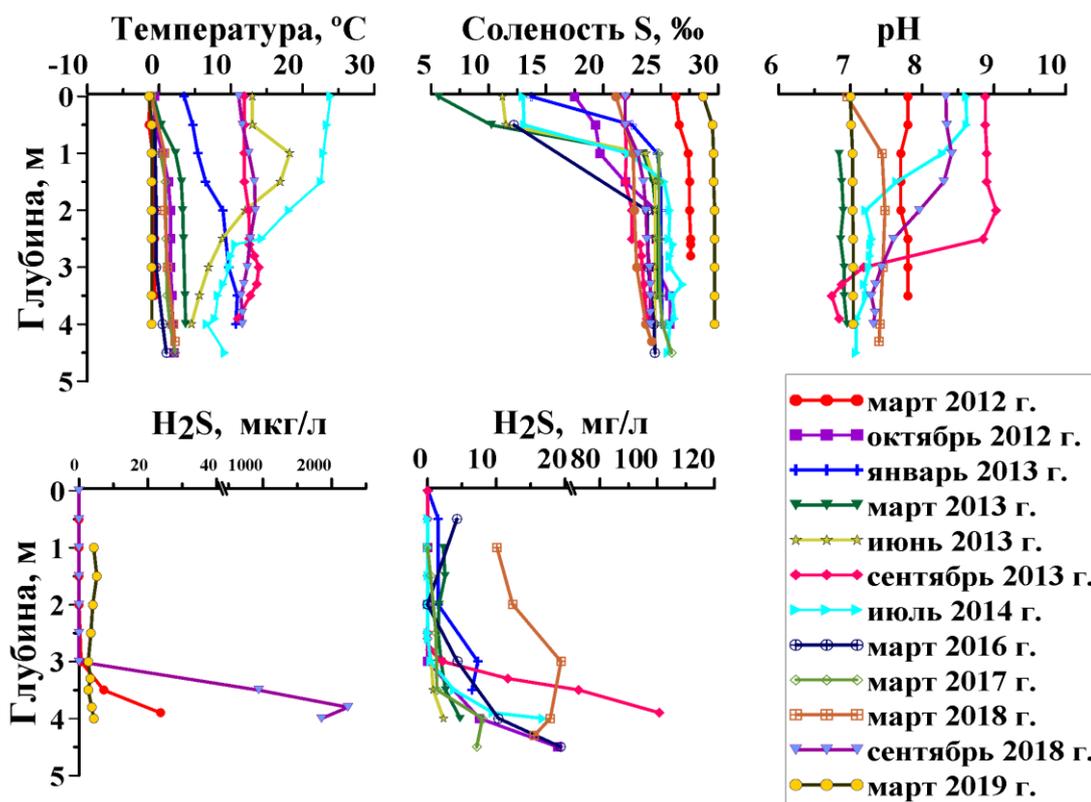


Рис. 2 - Гидрологические и гидрохимические параметры озера Кисло-Сладкое (Белое море)

Содержание сероводорода в придонных горизонтах водоема сильно менялось в зависимости от сезона и сложившихся гидрологических условий (Рис. 2). Начиная с марта 2012 года (содержание H<sub>2</sub>S 24 мкг/л), концентрации сероводорода в придонных горизонтах росли. Максимальное количество H<sub>2</sub>S было зафиксировано в сентябре 2013 года (100 мг/л), в разные сезоны с июля 2014 года по март 2018 года концентрации H<sub>2</sub>S были определены в количестве 5 – 20 мг/л. Но в сентябре 2018 и марте 2019 года содержание сероводорода в нижних слоях озера было минимально (2 мг/л и 5 мкг/л соответственно). Это может быть связано с притоком кислородосодержащих морских вод и созданием неблагоприятных условий для протекания процесса сульфатредукции в воде.

Образующийся в результате микробиологического процесса восстановления сульфатов сероводород, может быть окислен как химическим путем, так и микробиологическим, до различных соединений серы. Процесс окисления сероводорода многостадийный, в результате которого образуются соединения восстановленной серы в различном соотношении. Нами были проведены экспериментальные работы по определению содержания таких соединений, как сульфидная сера, элементная и тиосульфат.

Представлены результаты исследований содержания форм восстановленной серы в разные климатические сезоны. Наибольший вклад во все сезоны, кроме марта 2019 года, вносит сульфидная форма ( $S^{2-}$ ). В марте 2018 года ее вклад на всех горизонтах более 90 %, что подтверждается и количеством сероводорода в толще воды (определялся по всей глубине водоема от 10 до 20 мг/л). В июле 2014 года в нижних горизонтах значительную долю вносит продукт окисления сероводорода - элементная сера ( $S^0$ ), содержание тиосульфатной серы уменьшается от верхних слоев к нижним, что подтверждает более интенсивные окислительные процессы в верхней кислородной зоне. Примерно равномерное распределение содержания форм восстановленной серы мы наблюдали в сентябре 2018 года с преобладанием сульфидной формы в нижних горизонтах. Совершенно иное соотношение определили в марте 2019 года, когда основной формой была не сульфидная, как это было в предыдущих исследованиях, а более окисленные формы: тиосульфатная и элементная. Что также дает основания утверждать об уменьшении интенсивности процесса сульфатредукции после промывки водоёма кислородосодержащими морскими водами и окислением сероводорода, накопленного ранее.

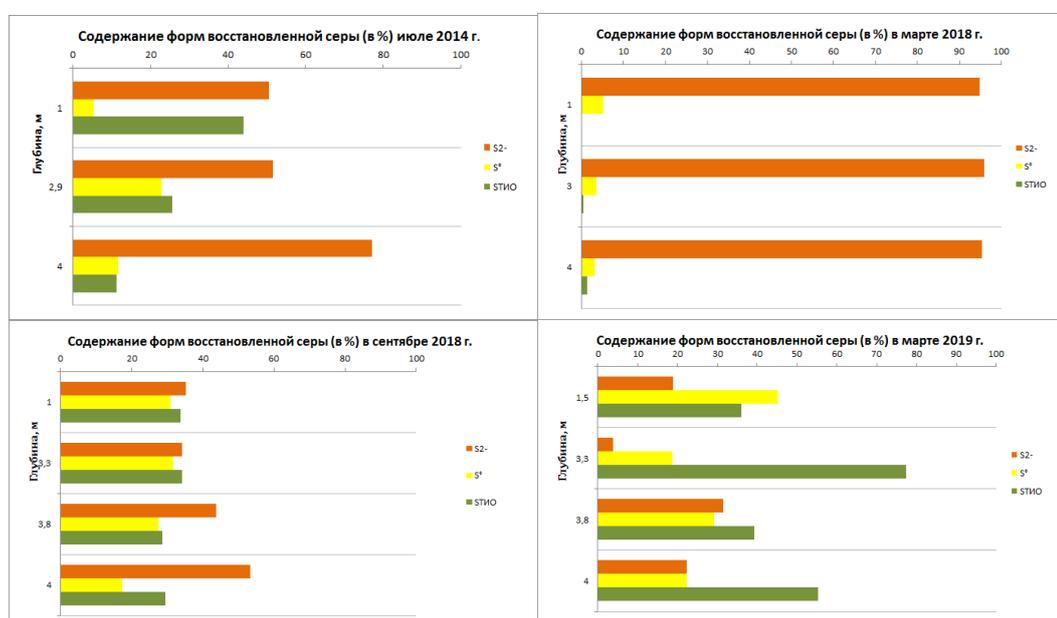


Рис. 3 - Содержание форм восстановленной серы в воде озера Кисло-Сладкое в разные сезоны

Таким образом, по результатам многолетних исследований мы подтвердили, что озеро Кисло-Сладкое находится на начальной стадии отделения от моря и имеет нестабильные гидрологические условия. Периодически в водоеме в период стагнаций в придонных горизонтах образуются анаэробные условия и протекает процесс бактериального восстановления сульфатов с сероводородным заражением водной толщи. Но озеро подвергается сезонным промывкам морскими водами во время сильных нагонов и сизигийных приливов и стратификация нарушается, как это произошло осенью 2018 г., зимой 2019 г. Полученные результаты хорошо согласуются с микробиологическими исследованиями данного водоема [9], также описывающими переменчивый характер гидрологических и гидрохимических обстановок, уменьшение численности микроорганизмов и интенсивности сульфатредукции после промывки озера.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес // Природа. 2013. №2. С. 39-48.

2. Краснова Е. Д., Воронов Д. А., Демиденко Н. А., Кокрятская Н. М., Пантюлин А. Н., Рогатых Т. А., Самсонов Т. Е., Фролова Н. Л., Шапоренко С. И. К инвентаризации реликтовых водоемов, отделяющихся от Белого моря // Комплексные исследования Бабьего моря, полу-изолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота — изменения на фоне трансгрессии берегов, в. 12. Труды Беломорской биостанции МГУ. – М.: Т-во науч. изданий КМК, 2016. – С. 211–241.
3. Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Мардашова М.В. Важнейшие изменения в экосистеме водоема при его изоляции от моря на примере прибрежных Беломорских озер и лагун // Сборник статей Всероссийской научной конференции «Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология». 14-22 сентября 2018 г.– М.: «КДУ», «Университетская книга», 2018. С. 71-73.
4. Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М., Краснова Е.Д. Сероводородное заражение озера «Кисло-сладкое» (ББС МГУ) // Экологические проблемы Северных регионов и пути их решения / Материалы 5 Всероссийской научной конференции с международным участием (Апатиты, 23-27 июня 2014 г. в 3 ч) / Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. - Апатиты: КНЦ РАН, 2014. Ч.3. С. 87-89.
5. Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М. Сероводородное заражение отделяющихся от Белого моря озер (оз. Кисло-сладкое и Нижнее Ершовское) // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: Материалы научной конференции (с международным участием). Часть 1. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 236-240.
6. Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М. Процесс сульфатредукции в отделяющихся от Кандалакшского залива Белого моря озерах (на примере озера Кисло-сладкое) // Материалы XXI международной научной конференции (Школы) по морской геологии «Геология морей и океанов», 16-20 ноября 2015 г., г. Москва. М.: ГЕОС, 2015. С. 221-224.
7. Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М. Заражение сероводородом озер на разной стадии отделения от Белого моря // Сборник трудов I международной молодежной научно-практической конференции «Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию». Архангельск, 26-28 апреля 2018 года. Том 2. С. 183-186.
8. Волков И.И., Жабина Н.Н. Метод определения восстановленных соединений серы в морской воде // Океанология. 1990. Т. 30. № 2. С. 778-782.
9. Лунина О.Н., Саввичев А.С., Краснова Е.Д., Кокрятская Н.М., Веслополова Е.Ф., Кузнецов Б.Б., Горленко В.М. Сукцессионные процессы в сообществе аноксигенных фототрофных бактерий озера Кисло-Сладкое (Кандалакшский залив Белого моря). М.: Микробиология, 2016. Т.85. №5. С. 531-544.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*А.В. Митько*

Арктическая общественная академия наук, г. Санкт-Петербург, [arseny73@yandex.ru](mailto:arseny73@yandex.ru)

Экологические проблемы, являющиеся частью глобальных проблем современного мира, впервые официально были обозначены во второй половине двадцатого века и на сегодняшний момент сохраняют свою актуальность. Мир живой

природы разнообразен, а взаимодействие живых организмов с окружающей средой настолько специфично и уникально, что однозначно утверждать какие факторы и в какой степени воздействуют в тех или иных природных условиях для неспециалиста достаточно сложно. Здесь нет унификации, понятной простому человеку, а есть биологические закономерности функционирования живой природы.

Вместе с тем, факторы антропогенного, а точнее техногенного характера, вызванные значительным внедрением человека в природу с развитием технического прогресса усиливаются, и теперь уже не только ученые и специалисты, но и простые люди начинают говорить об экологических последствиях активного внедрения человеческой деятельности в природные процессы. Однако, следует признать, что внедрение новых технических средств и технологий для современного мира явление, несомненно полезное, так как без техники и технологических процессов невозможно как развитие самого человека и процесса познания, так и соответственно просто экономического развития территории. Поэтому оценку современного состояния экологических проблем необходимо проводить не только по критериям биологического и географического характера, но и принимая во внимание технологические аспекты современного производства и связанные с этим вопросы экономики.

По имеющимся оценкам международных организаций экологическая обстановка в Арктике оценивается как напряженная и, в силу региональных особенностей расположения промышленных предприятий, спецификой их производства, а также циркумполярным движением воздушных масс, характеризуется следующим образом.

Наибольшее опасение вызывает загрязнение Арктики устойчивыми к разложению органическими веществами, относящимися к группе стойких органических загрязнителей. Эти вещества обнаруживаются на настоящий момент не только в почвах, но и в самих органах обитающих в Арктике животных.

Атмосферный перенос в Арктику от источников загрязнения в низких широтах может занять от нескольких дней до нескольких недель. Кроме атмосферных потоков воздуха, также речные и морские течения доставляют загрязняющие вещества в Арктику и распространяют их по ее территории. В России Енисей, Обь и другие северные реки являются источником доставки загрязняющих веществ в Арктический регион, особенно в период паводков. Некоторые из крупнейших индустриальных центров России располагаются на берегах рек, впадающих в Арктические моря.

В Арктической зоне Российской Федерации можно выделить отдельные районы, где явно наблюдаются экологические последствия хозяйственной деятельности. Всего таких районов 27, из них 11 на суше, 16 в морях и прибрежной зоне. Исследования показали, что в этих районах нарушен естественный геохимический фон, произошла деградация почвенного покрова и растительности, нарушены естественные цепи питания биотического сообщества. Территориально, импактные зоны загрязнения распределены крайне неравномерно. По оценкам масштаба выбросов загрязняющих веществ в атмосферу самые большие зоны расположены вблизи Норильской агломерации и в районе освоения нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. Один очаг загрязнения расположен в Мурманской области, где сосредоточены предприятия горно-металлургического комплекса, болевой точкой является также арктический архипелаг – Земля Франца-Иосифа, где накоплено большое количество отходов на закрытых полярных станциях и объектах военного назначения.

Источником негативного воздействия на природу российской Арктики являются предприятия горно-металлургического комплекса с крупнейшими центрами в Норильске Красноярского края, Мончегорске, Печенге, Заполярном, Оленегорске Мурманской области.

По данным Министерства природных ресурсов России, загрязнение Арктических морей России на настоящий момент ограничивается прибрежными водами участков акваторий, прилегающих к районам активной хозяйственной

деятельности. Особо сильное антропогенное воздействие испытывают экосистемы Белого, Баренцева и Карского морей, что связано в основном с потенциальной опасностью радиоактивного загрязнения.

Вместе с тем, по материалам объединенной норвежско-российской экспертной группы, которая проводила обследования в 1992 – 1994 годах и в 2012 году мест захоронения радиоактивных отходов на российской территории, радиационного загрязнения Карского моря зарегистрировано не было. Поэтому существующая потенциальная опасность радиоактивного загрязнения Арктики может быть связана, прежде всего, с неудовлетворительным техническим состоянием объектов хранения радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива на оборонных объектах Кольского полуострова. На сегодняшний день представлен проект национального общественного стандарта экологической безопасности Арктики, процесс реализации которого не скоротечный и имеет много «подводных камней». Необходимо представить реализованные в документе положения в соответствующие международные специализированные рабочие группы Арктического экономического совета и государственную комиссию по Арктике для получения соответствующей поддержки. Работа предприятий изменится только с введением законодательных актов, соответствующих этим нормативам, и они будут более эффективными, если будут носить международный характер при соответствующем государственном контроле.

Основные идеи, положенные в основу Стандарта:

- правила экологичного поведения хозяйствующих субъектов на территории российской Арктики и система индикаторов экологичного поведения, задающая ориентиры для действующих и новых предприятий на территории российской Арктики;

- единый свод лучших практик и инициатив научных, общественных и коммерческих организаций, отечественных и международных правил и требований в области охраны окружающей среды Арктической зоны РФ;

- формирование нового «института» добровольного принятия правил экологического поведения для действующих и новых предприятий на территории российской Арктики.

Россия, как «Арктическое государство», обладающее одной из самых больших площадей Арктических территорий в мире, должна иметь основополагающий документ национального характера, который бы определял стандарты экологически безопасной деятельности в Арктике, поскольку вне экологической безопасности не может существовать экономической деятельности, являющейся основой социального развития страны. Основной причиной необходимости настоящего стандарта является то, что существующая нормативная база не отражает и принципиально не может отразить все аспекты природопользования в Арктической зоне РФ. Происходит это не потому, что нормативная база несовершенна, а потому, что огромное количество аспектов не может быть встроено в закон, не всегда есть необходимость жестко регулировать деятельность, зачастую достаточно руководствоваться определенными принципами в ее организации для снижения рисков экологических катастроф.

Кроме того, при росте интенсивности использования Арктической зоны, будут возникать новые принципы хозяйствования и новые риски, нормативная база не может оперативно реагировать на такие изменения, в этом случае Стандарт, включающий в себя базовые принципы природопользования и обеспечения экологической безопасности вполне может если не заменить закон в полной мере, то хотя бы обеспечить общественно приемлемые форматы деятельности в Арктических регионах. Для осуществления процесса стандартизации деятельности в Арктической зоне требуется доработать и формализовать на национальном уровне принципы рационального и эффективного использования природных ресурсов Арктики исключая прямой перенос «южных» технологий без прохождения процесса

региональной адаптации и апробации. Кроме того, следует заменить изживший себя на настоящем этапе развития отраслевой подход освоения природных ресурсов Арктики, поскольку при современном уровне разделения труда невозможно в рамках одной отрасли, а тем более в рамках одного предприятия решить все проблемы обеспечения экологической безопасности производства. В первую очередь стандартизация должна касаться существующей нормативной базы, которая не соответствует документу «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». Таким образом, в процессе стандартизации должны быть решены следующие проблемы нормативной базы:

- множественность и ведомственность нормативно-правовых актов, стандартов, регулирующих экологические вопросы по разным направлениям, в том числе распространяющаяся на Арктическую зону РФ, но не учитывающие ее природные особенности;

- отсутствие учета во многих отраслевых актах инициатив Международных организаций в области защиты окружающей среды;

- отсутствие механизма получения новых знаний о структурно-функциональной организации Арктических экосистем, механизмах устойчивости и их включения в существующие правовые акты, носящие регулирующий характер для отдельных видов деятельности;

- отсутствие требований по региональной адаптации и апробации технологий добычи и переработки природных ресурсов Арктики;

- отсутствие механизма учета значительных различий территорий российского сектора Арктики, чрезвычайно высокого разнообразия ландшафтов и климатических условий;

- отсутствие базовых документов национального характера, как основы для формирования узкоспециализированных, отраслевых нормативных актов имеющих территориальную привязку для отраслей промышленности, причастных к использованию природных ресурсов, формирующих свою нормативную базу;

- не разработаны подходы к определению допустимого антропогенного воздействия и нагрузок на арктические экосистемы;

- экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду не распространяется на все проекты намечаемой хозяйственной деятельности в Арктической зоне РФ;

- не предусмотрен учет особых природно-климатических условий в технических регламентах для продукции, которая может производиться или потребляться в Арктической зоне РФ.

Исходя из выше изложенного, Национальный общественный стандарт экологической безопасности в Арктике:

- должен исключать ведомственный или отраслевой подход;

- должен являться базовым документом для формирования территориальных актов;

- объектом стандартизации является отдельное предприятие.

Национальный характер стандарта выражается в том, что он разработан для применения на суверенных территориях Российской Арктической зоны с учетом российского законодательства для работы в российском правовом поле. Стандарт является функциональным продолжением документов «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», «Экологической доктрины Российской Федерации», «Морской доктрины Российской Федерации». Национальный характер стандарта не исключает присоединение к стандарту иностранных организаций работающих на территории Российской арктической зоны.

Общественный характер стандарта выражается, прежде всего, в принципе добровольности, то есть, стандарт не является обязательным к исполнению, однако, организации, принимающие стандарт, берут на себя обязательства по выполнению его критериев добровольно, осознавая важность сохранения целостности окружающей среды, соблюдения норм безопасности и ответственности за качество жизни перед будущими поколениями. Проверить свое соответствие принципам стандарта организация и заявить о принятии норм стандарта, может самостоятельно используя материалы 4 раздела. Однако, функционирование стандарта как системы подразумевает создание экспертного совета, который возьмет на себя функции проверки соответствия деятельности сертифицируемой организации нормам стандарта. Экспертный совет должен быть выборным органом и состоять из представителей организаций уже присоединившихся к стандарту, научных работников и представителей власти. Состав и численность экспертного совета, а также его полномочия определяются на его первом заседании представителей организаций готовых принять стандарт. Грядущие вызовы по освоению природных ресурсов Арктики и обеспечения ее экологической безопасности определяются задачами, формализованными в документе «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу».

Эти задачи включают в себя:

- реализация конкурентных преимуществ России по добыче и транспортировке энергетических ресурсов;
- решение задач структурной перестройки экономики в Арктической зоне Российской Федерации на основе освоения минерально-сырьевой базы и водных биологических ресурсов региона;
- повышение экономической эффективности освоения минерально-сырьевой базы и водных биологических ресурсов арктического региона за счет использования комплексного подхода и их природных особенностей;
- создание и развитие инфраструктуры и системы управления коммуникациями Северного морского пути для решения задач обеспечения евразийского транзита;
- завершение создания единого информационного пространства Арктической зоны Российской Федерации;
- превращение Арктической зоны Российской Федерации в ведущую стратегическую ресурсную базу Российской Федерации;
- глобальные изменения окружающей среды и климата.

Национальный общественный стандарт «Экологическая безопасность Арктики» разработан Общественной комиссией по направлению «Экология» Межрегиональной общественной организации «Ассоциация полярников» (АСПОЛ) под председательством вице-президента АСПОЛ по направлению «Экология» О.М. Бударгина. Стандарт разработан коллективом авторов: Котельников В.А., Ключникова Е.М., Кильдюшова И.А., Саркова О.М., Васильева Ж.В. при содействии сотрудников Института проблем промышленной экологии Севера РАН под редакцией Н.А. Кашулина, В.А. Маслобоева. Коллектив авторов благодарит Чупрова В.А., Митько А.В., Дроздова Д.С., Кругликову Е.М., Холмянского М.А., Шавыкина А.А. за внесенные предложения, поправки и важные критические замечания.

## КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩА

О.Ю. Мещерякова, Н.Г. Максимович

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, olgam.psu@gmail.com

Примером регионального экологического кризиса является загрязнение гидросферы на Полазненском месторождении нефти, расположенном в районе развития сульфатного карста на берегу Камского водохранилища в Добрянском районе Пермского края, где с начала 70-х годов XX века отмечаются интенсивные нефтегазопроявления. Здесь на поверхности грунтовых вод обнаружена линза нефти, которая является источником загрязнения водохранилища (Рис. 1) [1].

Поскольку Камское водохранилище является основным источником водоснабжения Пермского края, остро встал вопрос об очистке нефтезагрязненных вод. Для решения поставленного вопроса необходимо было сначала выявить причины загрязнения водохранилища, для чего был проведен комплекс работ. Это позволило оконтурить места сосредоточенной разгрузки подземных вод, содержащих нефтепродукты.

На этапе изучения очага загрязнения подземных вод нефтепродуктами в районе водохранилища целесообразно использовать комплекс различных прямых и косвенных методов, который включал в себя следующие виды работ:

1. рекогносцировочное обследование территории с выявлением поверхностных причин и признаков загрязнения;
2. наблюдения за уровнем и мощностью слоя нефти на поверхности подземных вод;
3. выявление зон разгрузки загрязненных подземных вод в водохранилище с использованием терморезистивометрических методов;
4. гидрохимическое опробование водохранилища;
5. гидрогеохимическое опробование района;
6. оценка степени активности карстовых процессов, протекающих на территории исследования;
7. выяснение степени влияния деятельности микроорганизмов на нефтяное загрязнение и карстообразовательную деятельность.

Целью *рекогносцировочного обследования территории* было выявление мест нефтепроявлений на Камском водохранилище, обнаружение возможных участков сброса нефти в карстовые воронки, полости, скважины на начальном этапе разработки месторождения.

При обследовании территории была обнаружена карстовая воронка, в которую когда-то осуществлялся сброс нефтепродуктов. Песок на стенках воронки сцементирован нефтепродуктами, имеет черный цвет. Ниже по склону обнаружена небольшая карстовая воронка с водоемом на дне, на поверхности которого обнаружен слой нефтепродуктов.

При обследовании береговой зоны, у уреза Камского водохранилища (при абсолютной отметке 101,81 м) обнаружен источник. Вода прозрачная с минерализацией 3,4 г/л имеет резкий запах нефтепродуктов. Содержание нефтепродуктов 3,74 мг/л. При впадении в водохранилище в воде образовывалась темное пятно, похожее на мазут (Рис. 2).



Рис. 1 – Район исследований



Рис. 2 – Выпадение темных нефтепродуктов при разгрузке загрязненных подземных вод в Камское водохранилище

**Режимные наблюдения** проводились по скважинам, входящих в наблюдательную сеть за состоянием гидросферы (зона пресных вод) Полазненского месторождения нефти. Наблюдательные скважины находятся в районе техногенного скопления нефти. С целью уточнения отметок устьев наблюдательных скважин была выполнена их высотная привязка. В наблюдательных скважинах производился замер уровня грунтовых вод и определялись мощности слоя нефти. Результаты наблюдений показывают, что уровень жидкости в скважинах находится практически на одном уровне с водохранилищем. Это свидетельствует об их прямой гидравлической связи, что обусловлено интенсивной закарстованностью пород, особенно в зоне сливной призмы (зоне влияния Камского водохранилища). Изменения во времени мощности слоя нефти имеет более сложный характер и на прямую не связаны с колебаниями уровня воды в водохранилище.

Из наблюдательных скважин производился отбор проб для определения химического состава подземных вод. По данным проведенных наблюдений установлено, что подземные воды имеют сульфатный гидрокарбонатно-кальциевый состав. Минерализация вод изменяется от 0,65 до 3,50 г/л. Водородный показатель имеет значение 6,61–8,91. Преобладающим среди катионов является кальций, а доминирующими анионами являются сульфаты. Подземные воды имеют повышенное содержание нефтепродуктов.

**Терморезистивиметрические исследования** проводились для выявления участков Камского водохранилища с аномальными значениями кажущегося сопротивления и температуры воды.

Терморезистивиметрический метод основан на том, что температура и минерализация вод водохранилища отличается от этих параметров разгружающихся подземных вод. В местах разгрузки подземных вод в акваторию водохранилища возникают аномалии температуры и минерализации. Для выявления мест разгрузки на акватории по сетке проводятся замеры кажущегося сопротивления воды, которые функционально связаны с минерализацией, а также температуры. По величине аномалий можно в определенной степени судить об интенсивности разгрузки.

В общей сложности было проведено 3 серии наблюдений. Изучен прибрежный участок водохранилища протяженностью около 1,5 км и шириной около 100 м.

Исследуемая территория разбивалась на профили, среднее расстояние между которыми составляло 100 м. На аномальных участках производилось сгущение сетки исследований. На участках, не имеющих аномалий, расстояние между профилями увеличивалось. На каждом из профилей располагалось по 4 точки наблюдения на расстоянии 5, 20, 40 и 70 м от береговой линии. Исследования проводились на 13 профилях, включающих 66 точек. Измерения температуры и кажущегося

сопротивления воды проводились у дна, на половине глубины и у подошвы слоя льда, либо у поверхности воды.

Сопротивление воды зависит от температуры. Чтобы исключить влияние температурного фактора на полученные результаты все значения измеренного кажущегося сопротивления с помощью палеток были приведены к температуре 5 °С ( $R_{t5}$ ) для зимних измерений и к 18 °С ( $R_{t18}$ ) – для летних измерений.

На основании результатов терморезистивиметрических исследований оптимизировалась сеть гидрохимических исследований. Пробы воды отбирались, прежде всего, на участках с обнаруженными аномалиями кажущегося сопротивления воды. Всего было отобрано 62 пробы на общий анализ и 25 проб на нефтепродукты.

Наиболее контрастные результаты получены по измерениям в придонном слое воды. Изменения температуры воды зависят от глубины. Карты изобат и изотерм хорошо сопоставимы. Температура воды с увеличением глубины изменяется от 0,1 до 3,5 °С. Подземные воды, которые в этот период имеют температуру 3–4 °С, не могут привести к формированию температурных аномалий.

Таким образом, с помощью терморезистивиметрических и гидрохимических исследований выявлено три аномальных зоны с пониженными значениями кажущегося сопротивления воды (Рис. 3).

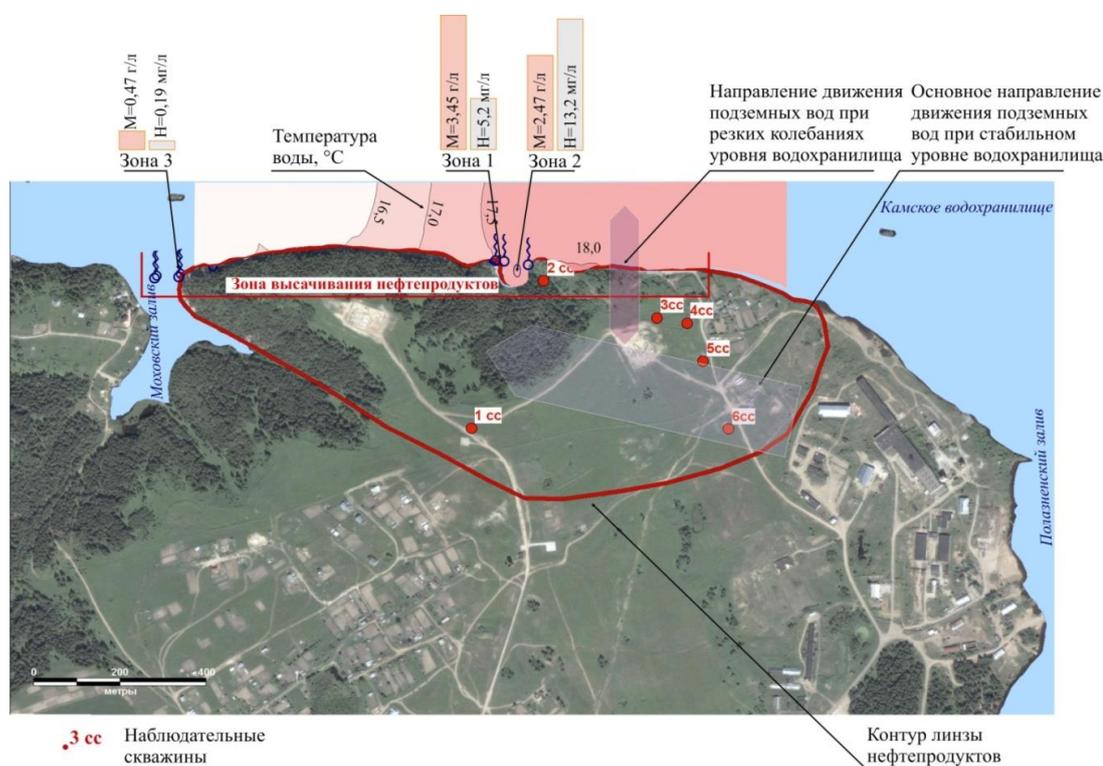


Рис. 3 – Схема расположения зон сосредоточенной разгрузки подземных вод, содержащих нефтепродукты

Первая зона сформировалась за счет субаквальной разгрузки подземных вод в виде группы из 4 родников. Наличие некоторых родников подтверждено визуально. В период наиболее низкого уровня воды в Камском водохранилище (конец весны) родники, которые обычно разгружаются субаквально, оказываются в береговой зоне у уреза воды. Вторая аномальная зона приурочена к разгрузке подземных вод в водохранилище из карстовой воронки летом и в начале зимы. В конце зимы – начале весны во время низкого уровня воды в Камском водохранилище воронка оказывается на берегу. Третья зона расположена в западной части исследуемого участка и сформировалась за счет разгрузки подземных вод из 2 родников.

Таким образом в результате исследований выявлено 3 зоны сосредоточенной

разгрузки подземных вод, содержащих значительное количество нефтепродуктов. Максимальные значения минерализации в аномальных зонах в 9 раз, а максимальные концентрации нефтепродуктов – в 165 раз превышают эти параметры на остальной части исследованной площади.

Вода в придонной части аномальных зон по величине минерализации и составу соответствует трещинно-карстовым водам кунгурского яруса. Как и вода наблюдательных скважин она характеризуется минерализацией 2-3,5 г/л, сульфатно-кальциевым составом, повышенным содержанием аммония.

**Гидрохимическое и гидрогеохимическое опробования.** Выполнялся отбор проб воды из Камского водохранилища на общий химический анализ и нефтепродукты. С целью уточнения мест сосредоточенной разгрузки на акватории водохранилища пробы воды отбирались по сетке. Для этого исследуемая территория разбивалась на профили, среднее расстояние между которыми составляло 50–200 м. На ранее выявленных аномальных участках производилось сгущение сетки исследований. На каждом из профилей располагалось по 3 точки наблюдения на расстоянии 5, 20 и 50 м от береговой линии. Исследования проводились на 15 профилях. Изучен прибрежный участок водохранилища протяженностью около 2 км.

На всех профилях проводился отбор проб и дальнейший их экспресс-анализ на Ca, Eh, pH. Кроме того на всех профилях в точках на расстоянии 5 м от берега проводился отбор проб на общий анализ и нефтепродукты.

Построенные изолинии Eh, pH и содержания кальция показали аномалии по этим показателям в ранее выявленных зонах разгрузки подземных вод. Аномалии подтверждены данными общего химического анализа. В аномальных зонах наблюдается повышенное содержание нефтепродуктов.

Гидрогеохимическое опробование территории проводилось в наблюдательных скважинах, а также отбирались пробы из источника в водохранилище. По данным проведенных наблюдений установлено, что подземные воды имеют сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый состав.

На основании данных химического анализа проб подземных вод необходимо было выяснить существует ли поступление свежей нефти в настоящее время. Для этого была вычислена корреляционная зависимость между основными химическими компонентами воды. Методика корреляционных связей позволила произвести качественную оценку взаимосвязи между признаками, дала наглядное представление об изменениях значений одного признака относительно другого.

По результатам вычислений установлено, что существует весьма тесная связь между ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$ , а также  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , коэффициенты корреляции равны соответственно (0,63) и (0,80). Такая связь обусловлена, прежде всего, наличием карбонатных и сульфатных пород, слагающих массив.

Тесная связь обнаружена и между ионами  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , коэффициент корреляции равен (0,62). Между другими показателями зависимостей выявлено не было. Особенностью изучаемых подземных вод является повышенное содержание ионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{NO}_2^-$  с высоким коэффициентом корреляции между ними, что свидетельствует об активной микробиологической деятельности. В обычных условиях эти показатели либо отсутствуют, либо имеют крайне низкие значения, а наиболее характерным является присутствие ионов  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{NO}_3^-$ . При наличии органики происходит восстановление ионов  $\text{Fe}^{3+}$  до ионов  $\text{Fe}^{2+}$ , а  $\text{NO}_3^-$  - до  $\text{NO}_2^-$ . По данным химического анализа были построены графики зависимости содержания макрокомпонентов от минерализации. По графическим данным видно, что наблюдается линейная зависимость с минерализацией следующих компонентов:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ .

Таким образом, на основании проведенных исследований по химическому составу воды можно сделать вывод, что свежего поступления вод из глубоких

горизонтов не обнаружено. Состав воды соответствует составу пород, слагающих данный массив. Это заключение косвенно подтверждает, что источником поступления загрязнения является сброс нефти в карстовые воронки в первые годы эксплуатации месторождения, а также разливы из аварийных скважин.

*Для оценки степени активности карстовых процессов* в пределах исследуемого участка были выбраны следующие методики

1) методика Скилмена-Мак Дональда-Стиффа по определению процента насыщения вод сульфатом кальция [2];

2) методика В.П. Зверева по расчету дефицита насыщения вод сульфатом кальция [3].

Проведенные расчеты подтвердили активность карстообразовательных процессов, протекавших на данной территории, но переходящих в более пассивную форму из-за перенасыщения подземных вод сульфатом кальция. Оба рассмотренных метода дают их правомерную прогнозную оценку, но для детального изучения поставленной проблемы необходимо провести комплексную [4].

*Микробиологические исследования* нефтезагрязненных карстующихся пород показали наличие в них активного нефтеокисляющего бактериального сообщества, а исследования подземных вод – наличие сульфатовосстанавливающих бактерий. Причиной присутствия аэробного и анаэробного бактериальных сообществ в одном месте является наличие нефтяной линзы. В существующих условиях преимущественное развитие получили сульфатовосстанавливающие бактерии, которые в качестве восстановителя могут использовать углеводороды самой нефтяной линзы. Продуктами бактериальной сульфатредукции являются сероводород, который приводит к растворению сульфатсодержащих минералов, и углекислый газ, способствующий осаждению вторичного кальцита и дополнительному растворению пород. Следовательно, нефтяное загрязнение вызовет активизацию аэробной и анаэробной микрофлоры вод и пород и станет причиной биогенного карстообразовательного процесса [5].

Таким образом, предложенный комплекс методов позволяет всесторонне охарактеризовать распространение и характер загрязнения, выявить механизм формирования нефтяного загрязнения в гипсовом массиве, а также разработать комплекс мероприятий по снижению нефтяного загрязнения Камского водохранилища.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ // Экология урбанизированных территорий. 2009. № 4. С. 55-58.
2. Яркеева Н.Р. Оценка равновесной насыщенности попутно-добываемых вод сульфатом кальция в зависимости от их суммарной минерализации // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: сб. науч. тр. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. С. 168-174.
3. Зверев В.П. Гидрохимические исследования системы гипсы – подземные воды. Москва: Изд-во «Наука». 1967. 100 с.
4. Мещерякова О.Ю. Оценка степени активности карстовых процессов (на примере Полазненского участка) // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. Вып. 1(10). С. 83-91.
5. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю., Хмурчик В.Т. Микробиологические процессы при нефтяном загрязнении карстовых массивов // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов. Вып. 12. М: ИПЦ «Луч», 2010. С. 89-93.

## К ВОПРОСУ ОБ ОХРАНЕ РЕДКИХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВЫСОКОАРКТИЧЕСКИХ ТУНДР АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Мосеев Д.С.<sup>1</sup>, Гаврило М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова, г. Москва, viking029@yandex.ru

<sup>2</sup>Ассоциация «Морское наследие: исследуем и сохраним», г. Санкт-Петербург

Земля Франца-Иосифа самый северный архипелаг в Российской Арктике, расположен в северной части Баренцева моря. Архипелаг включает 192 острова, общей площадью 16 тыс. км<sup>2</sup>. Мыс Флигели на острове Рудольфа (81°50'35" с. ш., 59°14'22" в. д.) также является самой северной островной точкой Евразии. Наиболее южная точка – остров Линкольна (81°50'35" с. ш., 59°14'22" в. д.). Небольшие по площади острова представляют собой останцы базальтового плато, в значительной степени погребенного под ледниковым покровом [1].

В настоящее время территория архипелага, включая северную часть острова Северный соседней Новой Земли, являются частью ООПТ национального парка «Русская Арктика», поэтому важным вопросом здесь является контроль над состоянием популяций редких видов растений. В суровых климатических условиях высокой Арктики многие виды растений, обитающие здесь, становятся редкими и более уязвимыми к негативным факторам, в том числе и антропогенным. В связи с чем необходимо установление их охранных статусов, что особенно важно при разработке нового издания Красной книги Архангельской области и мониторинге состояния растительности архипелагов.

На территории Земли Франца-Иосифа по последним данным насчитывается всего 52 вида сосудистых растений, официально подтвержденных гербарными сборами и фотографиями [5].

Флористические и геоботанические исследования архипелага проводились нами в 2016 г., в ходе комплексной экспедиции «Открытый океан: Архипелаги Арктики – 2016» («О2А2-2016») на яхте «Альтер Эго», организованной Ассоциацией «Морское наследие: исследуем и сохраним» [6]. Было обследовано 11 островов, разных по площади территории, отличающихся условиями обитания цветковых растений: Гукера (бухта Тихая), Джексона (мыс Норвегия), Ева-Лив (мыс Клюв), Кейна, Хейса (полярная станция им. Э. Кренкеля и мыс Останцовый), Алджер (мыс Подгорный), Сальм, Ли-Смита (мыс Виттенбурга), Этериджа (большой), Земля Георга (залив Грея), Мейбел (мыс Конрада), Белл.

Территория архипелага входит в состав подзоны высокоарктических тундр [7, 8].

На побережье архипелага нами выделены следующие типы местообитаний: 1) абразионные морские террасы с щебнисто-суглинистыми грунтами, слабо увлажненные или переувлажненные стоком талых вод ледников и снежников; 2) бугры пучения аккумулятивных террас с щебнисто-суглинистыми грунтами; 3) заболоченные микродепрессии с суглинистыми грунтами на аккумулятивных террасах, 4) склоны осыпных берегов под птичьими базарами; 5) песчаные и песчано-галечные пляжи с увлажненными грунтами; 6) берега ледниковых озер и ручьев на каменистых грунтах моренных террас с наличием мелкозема в расщелинах камней; 7) русла ручьев и акватории ледниковых озер с каменисто-илистыми грунтами; 8) микродепрессии за скатами старых береговых валов на гравийно-песчаных грунтах; 9) галечно-гравийные береговые валы в зоне влияния морских брызг; 10) полигональные моренные равнины с эрозионным расчленением; 11) каменистые пустоши сухих местообитаний; 12) моренные холмы с щебнисто-суглинистыми грунтами; 13) обширные моренные гряды «языки морен»; 14) минеральные болота на морских террасах.

Растительность в основном развита на берегах моря, где преимущественно покрывает разные по происхождению приморские террасы небольших мысов, освобожденных от ледникового покрова и осыпные склоны под птичьими базарами берегов. Общее оледенение занимает 85 % территории архипелага [9].

Архипелаг хорошо изучен флористически в отношении цветковых растений [2–5, 10–15]. За последние годы в течение крупных экспедиций обнаруживается обычно всего 1–2 вида.

Самыми богатыми по числу видов на архипелаге являются семейства *Poacea* – Злаки, *Saxifragaceae* – Камнеломковые, *Caryophyllaceae* – Гвоздичные. На архипелаге наиболее часто встречаются и имеют значительное обилие следующие виды: *Alopecurus magellanicus*, *Phippsia algida*, *Cerastium arcticum*, *C. regelii*, *Stellaria longipes*, *Ranunculus sulphureus*, *Saxifraga cernua*, *S. rivularis*, *S. hyperborea*, *S. nivalis*, *S. cespitosa*, *S. oppositifolia*, *Poa arctica*, *P. abbreviata*, *Cardamine bellidifolia*, *Cochlearia groenlandica*, *Papaver polare*. Спорадически встречаются на островах, но довольно обильны: *Poa alpigena*, *P. alpigena* subsp. *colpodea*, *Luzula confusa*, *L. nivalis*, *Oxyria digyna*, *Minuartia rubella*, *Stellaria crassipes*, *Draba corymbosa*, *D. micropetala*, *D. subcapitata*, *Potentilla hyperarctica*.

Во флоре архипелага мы выделяем 21 редкий вид цветковых растений, что составляет 40 % от всех отмеченных видов этой группы. Учитывая общую бедность флористического состава Земли Франца-Иосифа, такое число видов довольно большое.

Под редкими видами цветковых растений архипелага Земля Франца-Иосифа мы понимаем виды аборигенной флоры, отмеченные менее чем на 10 островах, преимущественно не обильные в составе фитоценозов

Таблица 1 – Обзор редких видов цветковых растений во флоре Земли Франца-Иосифа

Вид	Острова, где проведены сборы*	Местообитания	Диапазон покрытия**, %
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv. s. l. – Луговик дернистый	Алджер [4], Гукера, Мейбел [3,4,5], Земля Александры [10], Хейса [4]	Растет в мохово-травяных сообществах и мохово-злаковых сообществах луговин высокоарктических тундр, на морских абразионных и аккумулятивных террасах.	1-2
<i>Dupontia fisheri</i> R.Br. – Дюпонция Фишера	Гукера, Мейбел [3, 5], Алджер, Сальм [5], Скотт-Келти, Хейса [4]	Обитает в травяно-моховых сообществах высокоарктических тундр, иногда доминирует на нивальных луговинах по берегам озер и ручьев	1-5
<i>Pleuropogon sabinii</i> R. Br. – Плевропогон Сабини	Гукера [1, 13], Мейбел [3, 4, 5], Нортбрук, Хохштеттера, Хейса [4]	Растет в небольших ручьях и ледниковых озерах.	15-20
<i>Phippsia concinna</i> (Fr.) Lindeb. – Фиппсия стройная	Гукера, [3, 11, 12, 14], Рудольфа, Хейса [4]	Встречается на каменистых участках и влажных глинистых субстратах морских террас [4].	-
<i>Poa tolmatchewii</i> Roshev. – Мятлик Толмачева	Гукера [3]	Встречается на каменистых склонах плато, щебнисто-суглинистых шлейфах морских террас.	-

Вид	Острова, где проведены сборы*	Местообитания	Диапазон покрытия**, %
<i>Puccinellia angustata</i> (R. Br.) E. L. Rand et Redf. – Бескильница суженая	Гукера, Мейбел [3, 13], Земля Георга, Мейбел, Скотт-Келти, Хейса [4]	Встречается на базальтовых осыпях, в местообитаниях с каменистым и каменисто-щебнистым субстратом в травяно-лишайниковых сообществах.	-
<i>Puccinellia phryganodes</i> (Trin.) Scribn. et Merr. – Бескильница ползучая	Мак-Клинтока (сборы Добрынин Д. В., Гаврило М. В., 2012)	Впервые собран на мысе Дилона (о. Мак-Клинтока), на щебнисто-суглинистой площадке над скальным обрывом в море, в орнитогенном местообитании у гнездования чаек бургомистров. Участок местообитания находится под влиянием морских брызг.	-
<i>Puccinella vahliana</i> (Liebm.) Scribn. et Merr. – Бескильница Валя	Гукера [1, 3, 13]	Встречается в травяно-мохово-лишайниковых пятнистых тундрах морских террас на каменистой супесчаной почве.	-
<i>Juncus biglumis</i> L. – Ситник двухчешуйный	Алджера [5], Гукера [3, 12,13], Земля Георга [4], Мейбел [3], Хейса [4]	Гигрофит. Растет в травяно-моховых сообществах высокоарктических тундр на бровках морских абразионных террас. Иногда доминирует в сообществах.	5-10
<i>Salix polaris</i> Wahlenb. – Ива полярная	Алджера [4, 5], Гукера [1, 3–5, 13, 14] Земля Георга, Хейса [4]	Встречается на склонах морских террас в кустарничково-мохово-травяных сообществах высокоарктических тундр.	2-10
<i>Persicaria vivipara</i> (L.) Ronse Decr. – Горец живородящий	Гукера [3, 13, 14]	Растет в травяно-моховых сообществах высокоарктических тундр на бровках морских террас высоких уровней.	-
<i>Ranunculus hyperboreus</i> Rottb. – Лютик гиперборейский	Мейбел [3]	Растет по берегам водоемов и в воде.	-
<i>Ranunculus sabinii</i> R. Br. – Лютик Сабина	Хейса [15]	Растет в травяно-мохово-лишайниковых сообществах тундр, на суглинисто-щебнистых грунтах.	-
<i>Draba fladnisensis</i> Wulfen. – Крупка фладницийская	Гукера [14]	Растет преимущественно на морских террасах в травяно-мохово-лишайниковых сообществах.	-

Вид	Острова, где проведены сборы*	Местообитания	Диапазон покрытия**, %
<i>Draba lactea</i> Adams s. l. – Крупка молочно-белая	Гукера [3, 13], Земля Александры [10], Земля Георга, Мейбел [4]	Обитает на каменистых осыпях, в краевых частях высоких морских террас.	-
<i>Draba pauciflora</i> R. Br. – Крупка мелкоцветковая	Гукера [1, 3, 14], Земля Александры [4, 10], Мейбел [3]	Обитает преимущественно на низких морских террасах в травяно-моховых и моховых сообществах высокоарктических тундр.	-
<i>Saxifraga svalbardensis</i> D.O. Øvstedal. – Камнеломка шпицбергенская	Сальм [5]	Встречен в единственном местообитании, рядом с устьем ручья, вытекающего из ледникового озера, в расщелинах глыб с влажным илисто-песчаным грунтом.	1
<i>Saxifraga cespitosa</i> subsp. <i>exaratooides</i> (Simm) Engl. et Irmsch. – Камнеломка редкоцветковая	Мейбел [5], Хейса [15]	Встречается в травяно-моховых сообществах высокоарктических тундр на буграх приморских аккумулятивных террас и абразионных террасах.	2-5
<i>Saxifraga foliolosa</i> R. Br.- Камнеломка листочковая	Гукера [3, 13], Мейбел [3], Нортбрук [4]	Растет в разнообразных местообитаниях, приурочен к сообществам высокоарктических тундр на морских террасах.	-
<i>Saxifraga platysepala</i> (Trautv.) Tolm. – Камнеломка плетевидная	Гукера [3–5, 13, 14], Джексона [5], Кейна [5], Хейса [4, 15]	Растет на абразионных морских террасах низкого уровня, аккумулятивных террасах. Тяготеет к травяно-лишайниковым сообществам высокоарктических тундр с суглинистыми грунтами.	1-10
<i>Saxifraga tenuis</i> (Wahlenb.) Harry Sm. ex Lindm. – Камнеломка тоненькая	Гукера [3, 13], Земля Александры [2, 10], Земля Георга, Хейса [4]	Встречается в нивальных местообитаниях у основания склонов, увлажняемых талыми водами.	-

Примечания: \* – приводятся только опубликованные данные исследований. \*\* – диапазон покрытия дан для пробных площадок, прочерком указаны виды, не отмеченные в ходе исследований экспедиции «O2A2-2016».

Самым богатым по числу редких видов на Земле Франца-Иосифа является семейство злаки (*Poaceae*), куда входят: *Deschampsia cespitosa*, *Dupontia fisheri*,

*Pleuropogon sabinii*, *Phippsia concinna*, *Poa tolmatchewii*, *Puccinellia angustata*, *P. phryganodes*, *P. vahliana*. В семействе крестоцветных (*Brassicaceae*) к ним относятся представители рода *Draba*. Довольно много этих видов выделено и в семействе камнеломковых (*Saxifragaceae*): *Saxifraga svalbardensis*, *S. cespitosa* subsp. *exaratooides*, *S. foliolosa*, *S. platysepala*, *S. tenuis*.

Большинство видов приурочены к травяно-моховым сообществам высокоарктических тундр, покрывающих морские абразионные террасы высокого уровня и низкие аккумулятивные террасы, и развиваются на суглинисто-щебнистых субстратах, среди зарослей мхов и кустистых лишайников.

Выделенные нами редкие виды, обычно не активны в определенных местообитаниях, что только подчеркивает необходимость их охраны, но ряд видов ввиду активного семенного и вегетативного возобновления могут быть обильны – *Juncus biglumis*, *Salix polaris*, *Saxifraga platysepala*, *S. exaratooides*, а необходимость их охраны вызвана, редкой встречаемостью на архипелаге.

Наибольшее число редких видов, отмечены на хорошо изученных во флористическом отношении островах Гукера и Мейбел. Ряд видов, такие как *Puccinellia phryganodes*, вероятно были занесены на архипелаг орнитогенным путем.

В ходе экспедиции «О2А2-2016», обнаружен новый вид – *Saxifraga svalbardensis*. Поскольку вид является гибридом *Saxifraga cernua* и *Saxifraga hyperborea*, его не следует рекомендовать к включению в список «краснокнижных».

При разработке рекомендаций к охране видов, необходимо уточнение о произрастании видов растений архипелага, поскольку многие из них не подтверждены научными данными (отсутствие фото, гербарных сборов). К ним относятся: *Arctagrostis latifolia*, *Salix arctica*, *Carex ursine*, *Cochlearia arctica*, *Silene acaulis*.

При разработке нового издания Красной книги Архангельской области для установления охранного статуса редких арктических видов учитывается вся островная территория области, находящаяся в пределах высокой Арктики. При этом в данном случае виды должны редко или спорадично встречаться, как на территории Земли Франца-Иосифа, так и на архипелаге Новая Земля. Из всего списка сосудистых растений указанных в Таблице 1 мы рекомендуем следующие преимущественно гемистенотопные (приуроченные к конкретным местообитаниям) виды, их статус определен количеством известных местонахождений: *Pleuropogon sabinii* – бионадзор, *Poa tolmatchewii* – статус 3 редкий вид, *Puccinellia phryganodes* – бионадзор, *Puccinella vahliana* – бионадзор, *Ranunculus hyperboreus* – бионадзор, *Draba fladnisensis* – статус 3 редкий вид, *Saxifraga exaratooides* – бионадзор, *Saxifraga foliolosa* – бионадзор, *Saxifraga platysepala* – бионадзор, *Saxifraga tenuis* – бионадзор.

Как основные меры охраны для них, следует принять общепринятые: 1) мониторинговый контроль за численностью (обилием) популяций, жизненностью; 2) поиск новых местонахождений; 3) запрет на неорганизованные сборы; 4) сохранение мест обитания; 5) организация охраны мест произрастания.

Для других видов растений, указанных как редкие для Земли Франца-Иосифа, но обычные на Новой Земле, желателен контроль на ООПТ НП «Русская Арктика». К ним относятся: *Deschampsia cespitosa*, *Dupontia fisheri*, *Phippsia concinna*, *Puccinellia angustata*, *Juncus biglumis*, *Salix polaris*, *Ranunculus sabinii*, *Draba lactea*, *Draba pauciflora*, *Saxifraga exaratooides*.

*Исследовательские работы Экспедиции «Открытый Океан: Архипелаги Арктики — 2016» «(О2А2-2016)» проведены в ходе выполнения проектов Программы развития ООН в России, Глобального экологического фонда и Минприроды России» (ПРООН/ГЭФ-МПП) «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического развития России» в рамках поддержки Комплекса мер, направленных на сохранение биологического разнообразия, в том числе, на*

*предотвращение гибели объектов животного мира в случае разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Говоруха Л.С. Земля Франца-Иосифа. / Советская Арктика. (Моря и острова Северного Ледовитого океана). М., 1970. С. 328-359.
2. Александрова В.Д. Открытые растительные группировки полярной пустыни острова Земля Александры (Земля Франца-Иосифа) и их классификация // Бот. журн. Т. 66, №5. 1981. С. 26-36.
3. Сафронова И.Н. Материалы к флоре о. Мейбел и о. Гукера (архипелаг Земля Франца-Иосифа) // Ботанический журнал. 1983. Т. 68, №4. С. 513-519.
4. Матвеева Н.В., Заноха Л.Л., Афонина О.М., Потемкин А.Д., Патова Е.Н., Давыдов Д.А., Андреева В.М., Журбенко М.П., Конорева Л.А., Змитрович И.В., Ежов О.Н., Ширяев А.Г., Кирцидели И.Ю. Растения и грибы полярных пустынь северного полушария. СПб., 2015. 320 с.
5. Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А. К флоре островов архипелага Земля Франца-Иосифа и Северной части архипелага Новая Земля (аннотированный список видов) // Ученые записки ПетрГУ. 2017. № 4 (165). С. 48-64.
6. Гаврило М.В., Крашенинников А.Б., Мосеев Д.С., Бабушкин М.В., Кузьмин Е.М., Иванов А.П., Сергиенко Л.А., Мартынова Д.М., Спиридонов В.А., Филин П.А., Владимиров А.В. Экспедиция «Открытый Океан: Архипелаги Арктики — 2016» на арктические особо охраняемые острова Архангельской области. / Тр. Архангельского центра РГО. Вып. 4. Архангельск, 2016. С. 200-209.
7. Юрцев Б.А., Толмачев А.И., Ребристая О.В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л., 1978. С. 9-104.
8. Сафронова И.Н. О растительности острова Мейбел и Гукера (архипелаг Земля Франца-Иосифа). / «Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны». Л., 1986. С. 51-62.
9. Гросвальд М.Г., Кренке А.Н., Виноградов О.Н., Маркин В.А., Псарева Т.В., Разумейко Н.Г., Суходоровский В.Л. Оледенение земли Франца-Иосифа. М., 1973. 352 с.
10. Александрова В.Д. Растительность полярных пустынь СССР. Л., 1983. 148 с.
11. Палибин И.В. Ботанические результаты плавания ледокола «Ермак» в Северном Ледовитом океане летом 1901 г. Известия Санкт-Петербургского ботанического сада. СПб №3 (5), 1903-1906. 128 с.
12. Hanssen O., Lid J. Flowering plants of Franz Josef Land. Skrifter om Svalbard og Ishavet. 1932. 42 p.
13. Одаз А.М. Растительный покров. / Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шлейф). Апатиты, 1993. С. 43-63.
14. Чуракова Е.Ю., Сидорова О.В., Менников Д.С., Ершов Р.В. Конспект флоры сосудистых растений архипелага Земля Франца-Иосифа // Вестник С(А)ФУ. Серия: Естественные науки. 2014. № 2. С. 94-101.
15. Толмачев А.И., Шухтина Г.Г. Новые данные о флоре Земли Франца-Иосифа // Ботанический журнал. 1974. Т. 59, № 2. С. 275-279.

## ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СИГНАЛИЗАЦИЯМИ НА ПЛАТФОРМЕ «ПРИРАЗЛОМНАЯ»

И.В. Мохнаткин, А.Д. Биалов

ООО «Газпром нефть шельф», г. Санкт-Петербург, bad1988@yandex.ru

Специалисты Компании «Газпром нефть шельф» подразделяют риски на четыре ключевые категории: экономические, экологические, репутационные и основное – технологические риски, связанные с нанесением вреда здоровью и жизни персонала.

Комплекс мер и систем по обеспечению безопасности платформы «Приразломная» состоит из множества компонентов. Их можно разделить на группы по целевой принадлежности и в комплексе они обеспечивают тот высокий уровень безопасности, что предъявляется к проекту, обеспечивающему бесперебойный цикл добычи, подготовки, хранения и отгрузки нефти в суровых арктических условиях.

Безопасность на платформе «Приразломная», в первую очередь, обеспечивается автоматизированной системой управления и безопасности (АСУБ), за стабильной работой которой следят инженеры-технологи центрального поста управления (ЦПУ) посредством анализа данных, поступающих на рабочие станции (АРМ).

Опираясь на международные данные о первопричинах, приводящих к нештатным ситуациям, сделан вывод о том, что велик процент человеческого фактора при принятии важных решений при управлении технологическим процессом на морских платформах.

Высокая нагрузка на инженеров-технологов ЦПУ, управляющих технологическими процессами, сказывается на безопасности производства.

Для снижения влияния человеческого фактора на возникновение нештатных ситуаций на платформе при управлении технологическими процессами было принято решение интегрировать технологический комплекс с программным обеспечением: «Системой мониторинга и управления сигнализациями».

В результате реализации проекта оперативный персонал платформы получил эффективный инструмент, который включает в себя: непрерывный мониторинг и анализ системы сигнализаций, поступающих на АРМ.

Для уменьшения количества сигнализаций и уменьшения нагрузки на инженеров-технологов ЦПУ ежедневно происходит оптимизация поступающих сигналов, целью которой является снижение числа дублирующих срабатываний сигнализаций, анализируются первопричины срабатывания и выявляются «узкие места» технологических процессов, формируются исходные данные по принятию компенсирующих мероприятий.



Рис. 1 – График динамики изменения количества сигнализаций на АРМ инженера-технолога ЦПУ

Специалисты компании, внедряя данный проект, достигли поставленных амбициозных задач. Было получено снижение общего количества вторичных сигналов, влиявших на принятие решений по управлению технологическими процессами (Рис.1).

В среднесрочной перспективе Компания ставит перед собой цель – снизить на 85% количество дублирующих сигнализаций. Безопасность работающих на платформе людей посредством достижения высокого уровня безопасности производства – главный приоритет для компании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билалов А.Д. Анализ вариантов комплексной разработки и обустройства нефтяных месторождений Печорского моря // RAO CIS Offshore: сб. науч. тр. Санкт-Петербург, 2015. С. 100-101.
2. Билалов А.Д., Кошелев С.В., Чехов А.Ю. Философия безопасности // Сибирская нефть. 2015. № 8/125. С. 52-56.
3. Билалов А.Д. Разработка методических подходов по анализу эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи карбонатных коллекторов нефтяных месторождений печорского моря (на примере Приразломного нефтяного месторождения) // Международный конкурс научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие топливно-энергетической и добывающей отрасли: сб. науч. тр. Москва, 2016. С. 79-80.
4. Билалов А.Д., Зубарев Р.М. Создание компьютерного тренажерного комплекса для обучения и аттестации персонала МЛСП «Приразломная» // Offshore Marintec Russia: сб. тр. науч.-практич. конф. Санкт-Петербург, 2016. С. 100-101.
5. Билалов А.Д., Карамутдинова Д.М., Шакурьянова Ю.Р. Разработка компьютерного тренажерного комплекса для обучения и аттестации персонала МЛСП «Приразломная» // Международный конкурс научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие ТЭК и добывающей отрасли: сб. науч. тр. Москва, 2016. С. 109-110.
6. Билалов А.Д., Пасторов С.П., Мохнаткин И.В. Внедрение симуляторов для динамического и статического моделирования технологических процессов платформы «Приразломная» // Международный конкурс научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа (Арктика-2017): сб. науч. тр. Москва, 2016. С. 122-123.

#### **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПЕЧОРСКОЙ ГУБЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

*Мохова О.Н., Мельник Р.А.*

Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Архангельск, mohova@pinro.ru

В связи с разработкой нефтяных месторождений на шельфе Баренцева моря возникает необходимость исследовать его эстуарные районы, имеющие большое рыбохозяйственное значение. Эстуарии – полузамкнутые прибрежные системы, обладающие разной степенью связи с морем, к ним относятся: заливы, лагуны, лиманы. Эстуарные системы характеризуются сложной экологической структурой, служат местами концентрации населения и промышленности, зонами интенсивного использования водных, биологических и рекреационных ресурсов.

Печорская губа вдается в сушу более чем на 150 км и является мелководной даже в восточной, наиболее приглубой ее части. Река Печора обеспечивает приблизительно 90 % речного стока в Печорское море. Воздействие стока реки Печора является одним из основных факторов, определяющих гидрологический и гидрохимический режим Печорской губы. По водному стоку она является одной из крупнейших арктических российских рек. Площадь опресняющего влияния зависит от величины стока. В летнюю межень зона смешения морских и речных вод находится в пределах губы. В половодье зона смешения может выходить за пределы губы и располагаться в Печорском море. В этих случаях с морской стороны островов Гуляевские Кошки соленость воды снижается почти до нуля [1, 2].

Комплексные экологические исследования Печорской губы Баренцева моря проводились в 2007, 2008, 2015 гг. примерно в одно и то же время (конец августа – начало сентября) на 6 станциях, пробы отбирались с поверхностного и придонного горизонтов (Рис. 1). В рамках этой работы были рассмотрены следующие характеристики: температура и соленость, содержание и насыщение кислородом, БПК<sub>5</sub>.

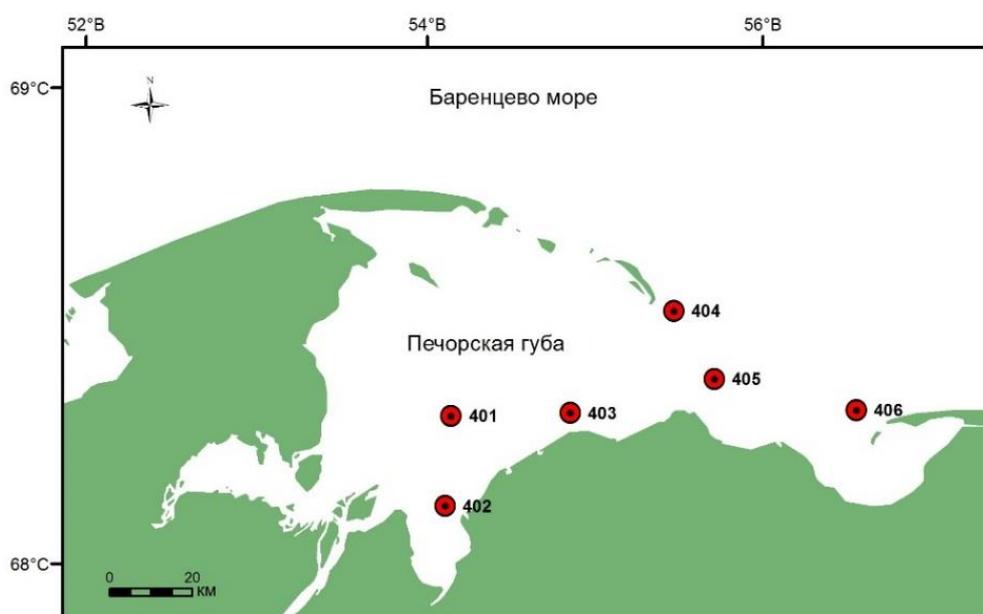


Рис. 1 – Схема расположения мониторинговых станций в Печорской губе Баренцева моря

Океанографические исследования проводились с использованием зонда SBE 19 PlusV2 в соответствии с методикой, принятой во ФГБНУ «ПИНРО» [3]. Отбор проб воды на гидрохимические показатели выполнялся из поверхностного слоя с помощью эмалированного ведра, с придонного горизонта – с помощью батометра Нискина (объемом 5 л). Растворенный в воде кислород определялся объемным методом Винклера. При помощи этого метода определялось БПК<sub>5</sub> [4].

В течение периода исследований температура поверхностного слоя воды немного превышала показатели придонного слоя, в среднем составляя 9,8 и 9,5 °С при небольших колебаниях (Табл. 1), что объясняется небольшими глубинами 4-9 м и хорошим перемешиванием вод. Диапазон вариабельности солености наоборот очень широк. В кутовой части фиксировались минимальные значения 0,04 на поверхности и у дна, максимальные – на выходе из губы (26,79 в поверхностном слое на станции № 406 и 29,73 в придонном слое на станции № 404).

Кислород является одним из важнейших компонентов гидрохимического режима морей. За время наших исследований в Печорской губе насыщенность вод кислородом большей части акватории составляла в среднем 100-101 %, а варьировала

от 96 до 106 % и до 103 % соответственно в поверхностном и придонном горизонтах (см. Табл. 1). Воды при данной вариабельности характеризуются как очень чистые [5]. Небольшие глубины и хорошее перемешивание явилось причиной почти равномерного насыщения вод губы кислородом от поверхности до дна.

Содержание кислорода в среднем составляло 10,46 и 10,23 мг/л на поверхности и у дна соответственно и было выше 6 мг/л. Предельно допустимая концентрация рыбохозяйственного назначения (ПДК) кислорода в подлёдный период не должна быть менее 4 мг/л, в летний период – не менее 6 мг/л [5].

Таблица 1 – Статистические характеристики гидрологических и гидрохимических показателей воды в Печорской губе Баренцева моря в 2007, 2008, 2015 гг.

Показатель	Минимальная	Средняя	Максимальная	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
<b>Поверхностный горизонт</b>					
Температура, °С	8,4	9,8	11,2	1,0	0,2
Соленость	0,04	13,79	26,79	8,08	1,90
Содержание кислорода, мг/л	9,53	10,46	11,23	0,43	0,10
Насыщение кислорода, %	96	101	106	3	1
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	0,56	2,43	4,29	0,84	0,20
<b>Придонный горизонт</b>					
Температура, °С	8,2	9,5	10,9	0,8	0,2
Соленость	0,04	16,70	29,73	8,81	2,08
Содержание кислорода, мг/л	9,40	10,23	11,40	0,53	0,12
Насыщение кислорода, %	96	100	103	3	1
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	0,94	2,07	3,83	0,85	0,20

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – это количество кислорода, потребляемого за определенное время при биохимическом окислении содержащихся в воде веществ в аэробных условиях. Наиболее часто употребляется значение БПК<sub>5</sub> – биохимическое потребление кислорода в течение 5 суток. Значения БПК используются для оценки степени загрязненности водного объекта и содержания легкоокисляющихся органических веществ [6].

Показатели БПК<sub>5</sub> по данным исследований составили в среднем 2,43 и 2,07 мгО<sub>2</sub>/л в поверхностном и придонном горизонтах соответственно (см. Табл. 1). Диапазон колебаний довольно широк: 0,56–4,29 мгО<sub>2</sub>/л на поверхности и 0,94–3,83 мгО<sub>2</sub>/л у дна. Превышение рыбохозяйственной ПДК БПК<sub>5</sub> (2 мгО<sub>2</sub>/л) более, чем в 2 раза в поверхностном слое воды наблюдалось в 2008 г. на станции № 402 в кутовой части губы (4,29 мгО<sub>2</sub>/л). В придонном слое воды максимум БПК<sub>5</sub> фиксировался тоже в 2008 г. на станции № 402 (3,79 мгО<sub>2</sub>/л) и на станции № 405 (3,83 мгО<sub>2</sub>/л). В поверхностном слое значения БПК<sub>5</sub> были выше, чем у дна, что является следствием сосредоточения большей части биологически активных организмов в верхних слоях. Можно предположить, что и береговой сток вносил свой вклад в повышенный фон БПК в поверхностных водах прибрежной зоны.

Рассматривая распределения средних показателей по станциям можно отметить, что наибольшие значения солености в поверхностном и придонном слоях были зафиксированы на выходе из губы (станции № 404, 406), в куту на станциях № 402, 401 зарегистрированы наименьшие значения (Рис. 2а, б). Температура воды в среднем теплее в кутовой части, около 10 °С и чуть выше, на выходе из губы в поверхностном слое – 9,3–9,7 °С. в придонном горизонте ниже – 8,7–9,5 °С.

Насыщение вод кислородом в поверхностном слое воды в среднем ниже 100 % только на станции № 402, в придонном – на станциях № 401–403 (см. Рис. 2а, б), что возможно связано с береговым стоком, который принес распресненные материковые воды, это подтверждается самой низкой соленостью. В мористой части губы, где больше сказывается влияние вод открытого моря, кислородонасыщение во всей толще вод в среднем составляет более 100 %. Максимальные средние концентрации БПК<sub>5</sub> были отмечены в куту на станции № 402 (2,87 мгО<sub>2</sub>/л на поверхности воды и 2,60 мгО<sub>2</sub>/л у дна).

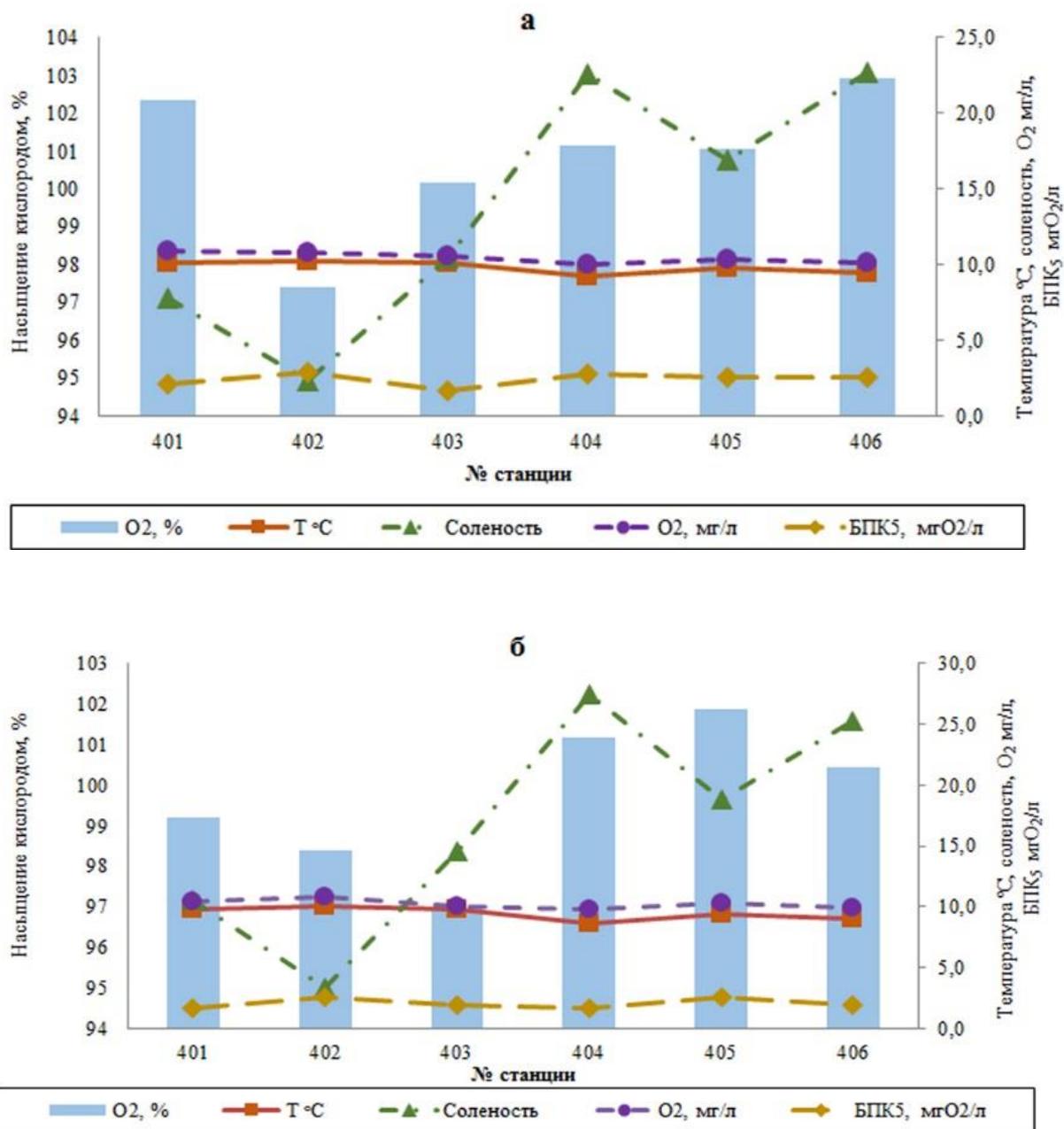


Рис. 2 – Гидрологические и гидрохимические показатели воды (средние за 2007, 2008, 2015 гг.) в поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах на станциях мониторинга в Печорской губе

Анализируя в целом по Печорской губе средние по годам показатели, можно отметить снижение к 2015 г. температуры воды, уменьшение БПК<sub>5</sub> и повышение содержания кислорода по сравнению с 2008 г. (Рис. 3а, б). Несмотря на некоторые

межгодовые изменения гидрологических и гидрохимических характеристик колебания их невелики.

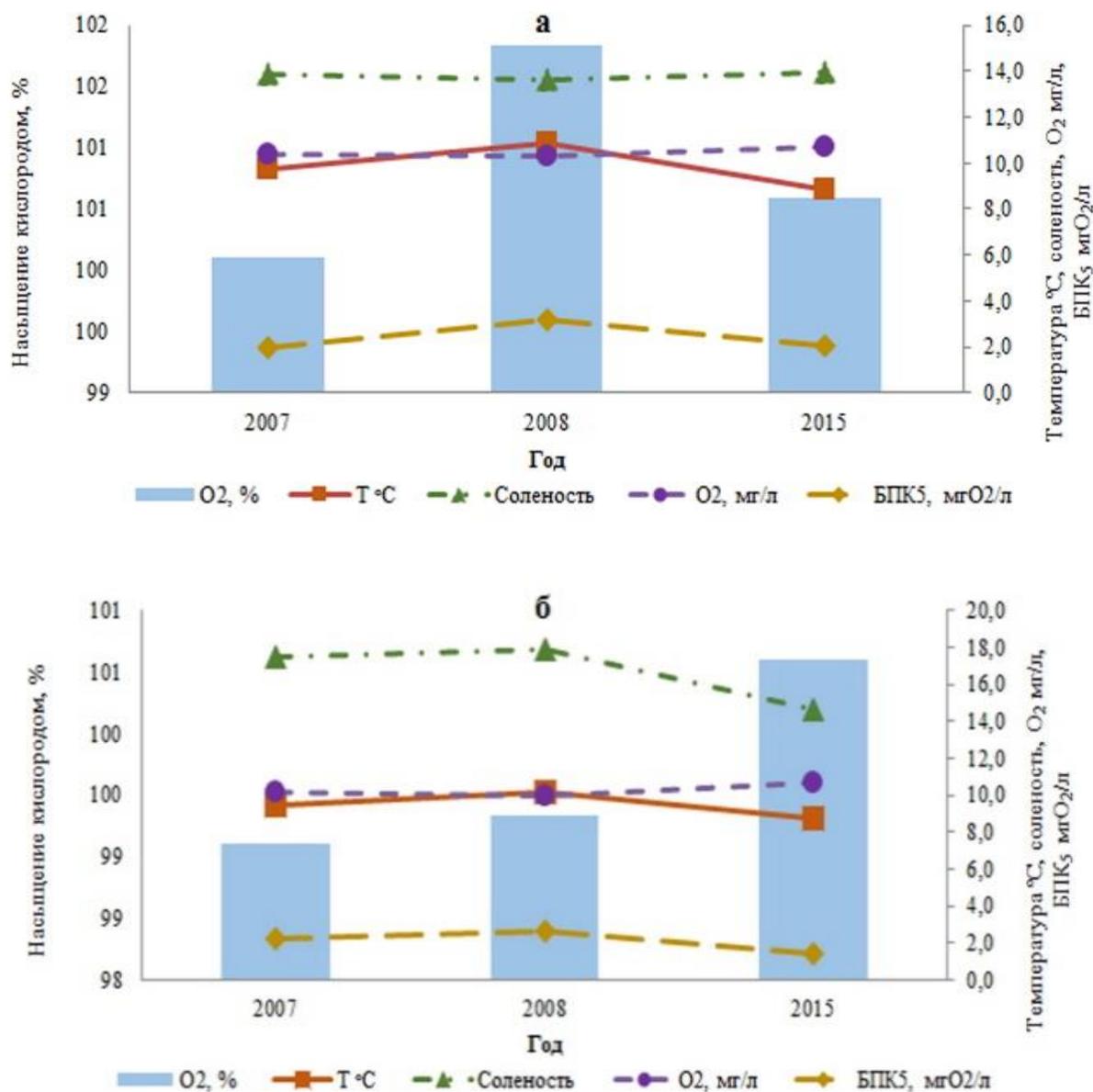


Рис. 3 – Гидрологические и гидрохимические показатели воды (осредненные по годам) в поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в Печорской губе

В результате исследований гидрологических и гидрохимических показателей в Печорской губе за период 2007, 2008 и 2015 гг. выявлено следующее:

- средняя температура воды теплее в кутовой части, около 10 °С и чуть выше, на выходе из губы в поверхностном горизонте – 9,3-9,7 °С, в придонном – 8,7-9,5 °С;
- наибольшие значения солености в поверхностном и придонном слоях были зафиксированы на выходе из губы, в кутовой части зарегистрированы самые низкие значения с минимумом 0,04;
- среднее насыщение вод кислородом в поверхностном и придонном слоях воды ниже 100 % наблюдалось только в кутовой зоне, что, вероятно, связано с речным материковым стоком. В мористой части губы, где больше сказывается влияние вод открытого моря, насыщение кислородом в среднем составляет более 100 %. В целом воды по кислородонасыщению характеризуются как очень чистые. Значения

растворенного кислорода в водах Печорской губы не опускались ниже концентрации, допустимой для водоемов рыбохозяйственного значения, т.е. ниже 6 мг/л;  
– максимальное содержание БПК<sub>5</sub> отмечалось в кутовой зоне, подверженной влиянию берегового стока.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1 Баренцево море. Вып. 2. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 181 с.
2. Печорское море. Системные исследования / Под ред. Романкевича Е.А. и др. М.: Изд-во «МОРЕ», 2003. 502 с.
3. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
4. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 192 с.
5. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы / Гусева Т.В. и др. М.: «Эколайн», 2000. 87 с.
6. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 239 с.

#### **К ВОПРОСУ О ФОНОВЫХ УРОВНЯХ СОДЕРЖАНИЯ РЯДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ**

*М.А. Новиков*

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск, mnovik@pinro.ru

Важность задачи определения фоновых значений уровней содержания тяжелых металлов (ТМ) и других химических веществ в среде обитания гидробионтов заключается в возможности оценки как ее текущего состояния, так и межгодовой динамики. Нормативные показатели, такие как ПДК, способны только констатировать присутствие техногенного загрязнения на критическом для экосистемы уровне. Превышение фоновых показателей позволяет отслеживать загрязнение раньше, на более низком уровне, устанавливать источники загрязнения, тенденции изменения среды обитания, а значит открывает широкие возможности для прогноза и предупреждения критических ситуаций (ущерб водным биоресурсам и т.п.). Содержание ТМ и прочих микроэлементов в воде и донных отложениях различных морей неодинаково и иногда весьма специфично, что требует их отдельного изучения. Актуальность проблемы возрастает в свете промышленной эксплуатации на шельфе Печорского моря с 2014 г. Приразломного нефтяного месторождения. Это единственное в мире эксплуатируемое нефтяное месторождение за Полярным кругом. Эксплуатация шельфовых месторождений всегда несет в себе угрозы загрязнения среды обитания, в том числе и донных осадков, токсикологические последствия которых известны [1, 2].

Печорский шельф расположен на подводном продолжении Тимано-Печорской плиты и полностью находится в пределах земной коры континентального типа. Верхний слой донных отложений (ДО) представлен голоценовыми осадками. В прибрежной зоне это пески, алевроиты мощностью до 5-10 м, мористее – алевроитоглинистые осадки (до 2-3 м). К востоку от устья р. Печоры прослеживается мощное (до

65-70 м) тело голоценовых дельтовых и авандельтовых отложений [3, 4]. Печорское море расположено в юго-восточной части Баренцева моря. Основную площадь дна Печорского моря занимает субгоризонтальная аккумулятивная равнина, расположенная в настоящее время вне зоны современного волнового воздействия, а также абразионно-аккумулятивная поверхность подводного берегового склона, сформированная современными гидродинамическими процессами. На этом геоморфологическом фоне выделяется глубокий и резко очерченный Южно-Новоземельский желоб, имеющий тектоническое происхождение [4].

Целью наших исследований было: с привлечением новых данных уточнить уровни фонового содержания ТМ в ДО Печорского моря. Ранее мы уже выполнили предварительную оценку [5]. В основу методики определения фонового содержания микроэлементов в ДО нами положен статистический подход с принятием в качестве порогового значения величины 97 перцентиля [6].

Материалом для исследований служили пробы поверхностного слоя ДО, отобранные сотрудниками «ПИНРО» им. Н.М. Книповича в экспедициях научно-исследовательских судов при выполнении задач мониторинга среды обитания водных биологических ресурсов в Печорском море. Для отбора проб ДО использовали дночерпатель Ван Вина с площадью захвата не менее 0,1 м<sup>2</sup>. При отборе пробы для фиксации брался верхний слой (~ 2 см) осадка, который не соприкасался со стенками дночерпателя и емкости для отбора грунта. Каждая проба сырого осадка помещалась в отдельные герметичные полиэтиленовые пакеты по 1кг; воздух из пакетов удаляли, и их помещали в общий пакет большего размера. После этого пробу подвергали глубокой заморозке при температуре минус 20 °С и хранили в темноте.

Всего в период с 2004 по 2015 гг. было выполнено 134 станции в Печорском море на содержание ТМ. Уровни содержания металлов в ДО определяли в аккредитованной лаборатории прикладной экологии и токсикологии «ПИНРО» методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с известным методическим руководством. Полученные значения содержания металлов выражали в мкг/г (г/т) сухой массы осадка. Статистический анализ полученных данных – объединенной выборки за период исследований, выполняли в среде пакета прикладной статистики Statistica 10.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки содержания ТМ в ДО Печорского моря, дополненные данными предшествующих исследований (в мкг/г)

Элемент	X	S	Медиана	min	max	97 перцентиль (фоновый уровень)	X из: [3]	Фоновый уровень для Баренцева моря из: [6]
Cu	9,45	3,5	9,12	0,7	21,1	16,1	5,13	28
Zn	31,72	27,5	24	4,2	112,49	107,8	31,24	112
Ni	18,99	8,6	20	4,6	42,4	33	17	52
Cr	46,69	33,5	38,2	3,91	152	112	50	116
Pb	10,73	4,71	11,3	1,1	25,3	20,1	6,75	31
Cd	0,063	0,06	0,04	0,01	0,25	0,23	0,018	–
Hg	0,075	0,16	0,03	0,001	0,7	0,7	–	0,15

Примечание. Статистические параметры: X – среднее арифметическое, S – стандартное отклонение, min – минимальное значение, max – максимальное значение

В выполненных нами ранее исследованиях показано, что ситуация с уровнем содержания микроэлементов и органических поллютантов в поверхностном и

придонном слоех воды в юго-восточной части Баренцева моря в целом характеризует естественный геохимический фон [7]. В ходе анализа данных по Печорскому морю показано, что достоверные межгодовые изменения содержания ТМ не выявлены, временные тренды величин не обнаружены. Поэтому, все данные наших исследований анализировались как единая выборка. Как видно из табл. 1, средние значения и медианы содержания исследованных металлов в песчаных грунтах Печорского моря были невысоки, в целом, соответствовали данным предшествующих исследований [3, 5] и были заметно ниже аналогичных величин, отмеченных для всего Баренцева моря [6]. Полученные значения содержания Ni выглядели вполне типично для топофации «устье эстуария», вероятно, из-за влияния стока р. Печоры [8, с. 354]. Рассчитанное среднее значение отношения Cr/Ni, равное 2,46, было характерно для «прибрежных» батиметрических фаций [8, с. 355].

Сравнение среднего относительного содержания исследованных ТМ в ДО Печорского моря с Баренцевым выявляет заметные отличия, заключающиеся в повышении содержания Cr и снижении относительного содержания Zn в ДО Печорского моря (Рис. 1). В абсолютных цифрах наблюдаемая картина характеризовалась заметным снижением (в 1,8 раза) среднего содержания Zn в ДО Печорского моря, в то время как среднее содержание Cr в ДО Баренцева моря и его юго-восточной части почти не отличалось. Среднее содержание Cu и Ni в ДО Печорского моря также оказалось ниже баренцевоморского в 1,49 и 1,42 раза соответственно. Гораздо больше относительное содержание указанных ТМ в ДО Печорского моря было похоже на таковое в Белом море [5, 9].

Рассчитанные на основе наших данных медианные значения кларков концентрации ( $K_k$ ) всех исследованных ТМ в ДО Печорского моря нормированных по UCC (Upper Continental Crust, верхняя континентальная кора) [10], были заметно меньше 1. Подобная ситуация характерна для осадков Белого моря [9]. Максимальная медианная величина  $K_k$  была для отмечена Pb (0,66), минимальная для Cd (0,22). Максимальные значения  $K_k$  составили 14,0 для Hg и 2,78 для Cd. В связи с этим для исследованных ТМ мы рассчитали кларк рассеяния ( $K_p$ ), как более показательный параметр. Как видно из рис. 2, содержание ТМ в ДО Печорского моря является весьма изменчивым. Наименьшим колебаниям подвержено содержание Ni.

Медианные значения  $K_p$  для исследованных ТМ варьировали в интервале от 1,50 (Pb) до 3,07 (Cu), со средним значением для всех металлов 2,3. Максимальные значения  $K_p$  составили для Hg (50,0) и Cu (40,0). При статистическом анализе для Hg получен максимальный коэффициент вариации  $V = 213 \%$ , свидетельствующий о неоднородной совокупности данных, что требует с некоторой осторожностью относиться к приведенным выше значениям содержания Hg в ДО Печорского моря [8].

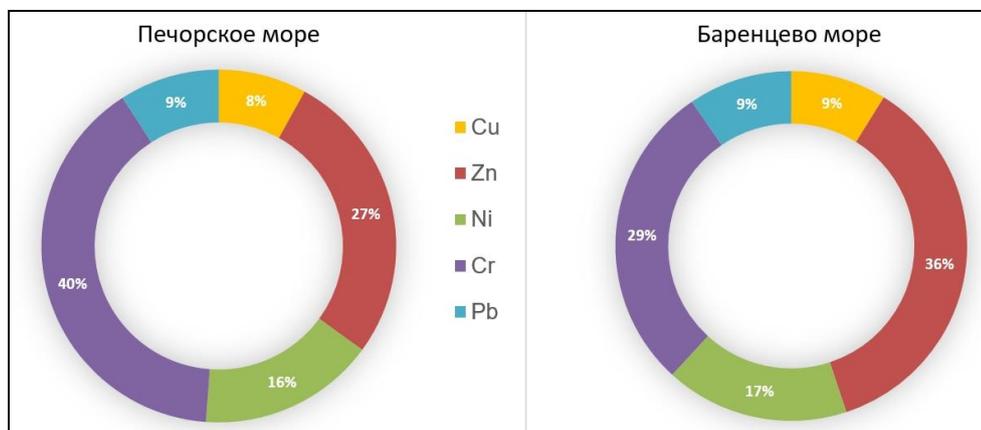


Рис. 1 – Диаграммы относительного содержания некоторых ТМ в ДО Печорского и Баренцева морей

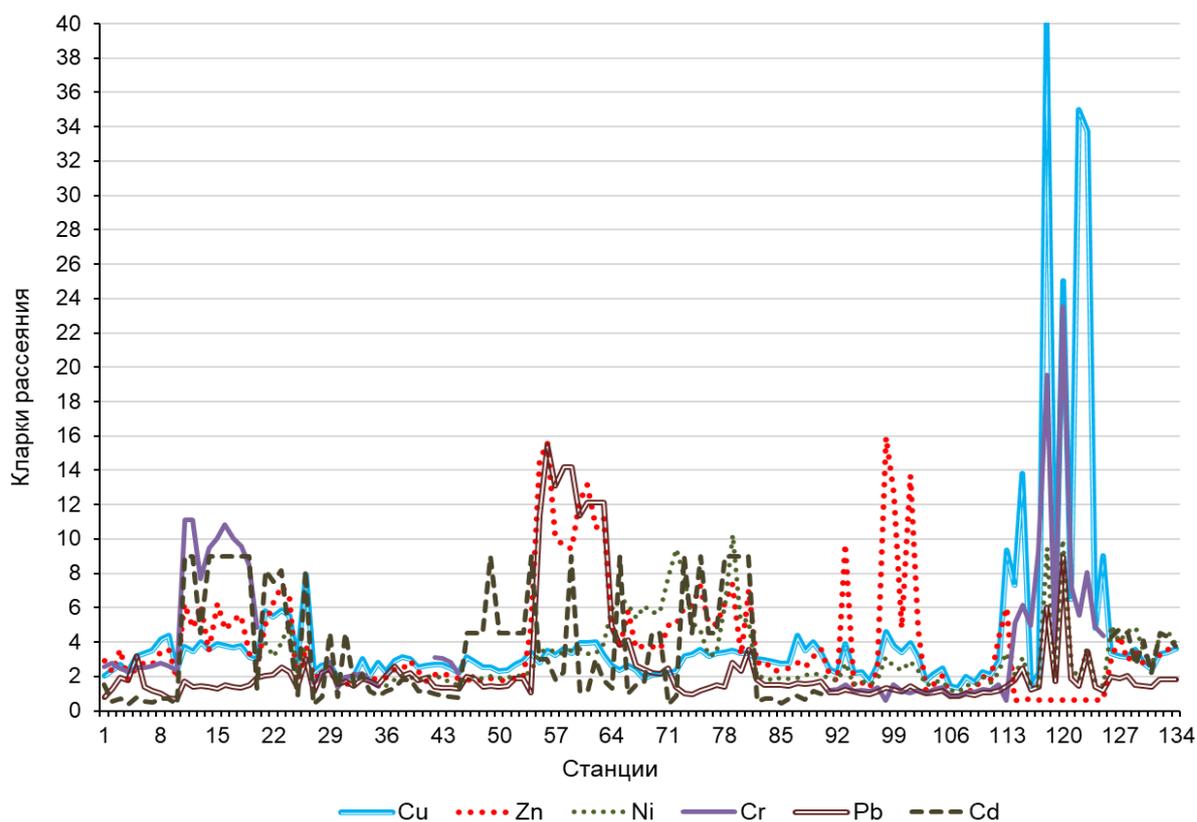


Рис. 2 – Варьирование  $K_p$  (на УСС) ТМ на станциях Печорского моря

В остальных случаях  $V$  был заметно ниже 100 %. На основании приведенных данных, в отношении Печорского моря можно говорить о существовании в юго-восточной части Баренцева моря на Печороморском шельфе обширной отрицательной геохимической аномалии – зоны выноса (транзита) элементов. Такое распределение ТМ, по всей видимости, обусловлено гранулометрическим составом ДО Печорского моря, преобладанием в исследованных пробах песчаной фракции, не концентрирующей, как известно, микроэлементы в осадках [8, 10], также активной гидродинамикой мелководного Печорского моря. Известно, что к востоку от п-ова Канин до о-ва Вайгач простирается обширное плоское мелководье, ограниченное с юга ровным и низменным Печорским берегом, сложенным молодыми рыхлыми отложениями. Поэтому устойчивых элементов рельефа дна здесь, как правило, не наблюдается. Дно хорошо выровнено волнами. Верхний слой осадков Печорского моря имеет преимущественно первично терригенную природу, т.к. в основном сформирован материалом, поступающим при размыве морского дна – подводного продолжения Тимано-Печорской эпибайкальской плиты. Очевидно, определенный вклад вносят процессы термоабразии, связанные с распространением реликтовых вечномерзлых ДО и их деградацией [3, 11]. Льдистость ДО в районе Варандея, включая о-в Песякова и п-ов Медынский Заворот обычно не превышает 5-10 %, поэтому процессы термоабразии имеют здесь локальное распространение [4]. По причине мелководности Печорского моря ветровое волнение в прибрежной зоне способствует переотложению осадочного материала. В сочетании с сильными течениями оно приводит к накоплению или размыву отдельных банок и отмелей, перемещению материала вдоль пляжей.

Проведенный анализ полученных данных выявил заметные отличия содержания ТМ в ДО юго-восточной части Баренцева моря по сравнению с остальной его акваторией. При этом существенных признаков антропогенного загрязнения ДО Печорского моря изученными металлами выявлено не было. Значения содержания Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd и Hg на уровне 97 перцентиля (см. Табл. 1), в соответствии с предложенным нами ранее методическим подходом [6], можно рекомендовать в

качестве фоновых для ДО Печорского моря. Содержание металлов в осадках, превышающее этот уровень, следует рассматривать как признак наличия техногенной аномалии – локальное антропогенное загрязнение.

Основная область применения представленных в таблице фоновых значений содержания ТМ в ДО (уровень 97 перцентиля), по нашему мнению, заключается в возможности оценки текущего состояния загрязнения всей мелководной юго-восточной части Баренцева моря, включая Печорское море, а также межгодовой динамики (трендов). По сравнению с нормативом ПДК, фоновые показатели позволяют отслеживать загрязнение на более низком, еще относительно безопасном для биоты уровне. Это существенно повышает возможности раннего предупреждения развития неблагоприятных ситуаций и может быть использовано при оценке рисков от хозяйственной деятельности. Кроме того, фоновые значения содержания ТМ могут быть использованы при оценке эколого-токсикологической уязвимости морских акваторий при антропогенном воздействии на донные организмы, например, при разработке месторождений нефти и газа [12].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реакции гидробионтов на загрязнение среды при разработке нефтегазовых месторождений шельфа Баренцева моря / В.В. Кошелева, И.П. Мигаловский, М.А. Новиков, Е.А. Горбачева, А.М. Лаптева. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. 92 с.
2. Горбачева Е.А. Использование биотестирования для оценки загрязнения донных отложений южных районов Баренцева моря // Ученые записки ПетрГУ. 2018. № 8 (177). С. 67-73.
3. Печорское море. Системные исследования (гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социоэкономические проблемы) / Под ред. Е.А. Романкевича, А.П. Лисицына, М.Е. Виноградова. М.: Море, 2003. 502 с.
4. Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л., Огородов С.А., Тарасов Г.А. Печорское море: прошлое, настоящее, будущее // Океанология, 2007. Т. 47, № 6, С. 927-939.
5. Новиков М.А., Титов О.В., Жилин А.Ю. Содержание металлов в донных отложениях центральной части Печорского моря в современный период // Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 1. С. 188-198.
6. Новиков М.А. К вопросу о фоновых значениях уровней содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 1/2. С. 280-288.
7. Новиков М.А., Драганов Д.М. Пространственное распределение показателей загрязнения водных масс Баренцева моря // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 5. С.583-589.
8. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
9. Маслов А.В., Шевченко В.П., Подковыров В.Н. и др. // Особенности распределения элементов примесей и редкоземельных элементов в современных донных осадках нижнего течения р. Северной Двины и Белого моря // Литология и полезные ископаемые. 2014. № 6. С. 463-492.
10. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry. 2003. V.3. P. 1-64.
11. Шполянская Н.А. Мерзлотно-экологическая характеристика западного сектора российского арктического шельфа // Изв. Коми научного центра УрО РАН. 2014. Выпуск 3(19). С.105-111.
12. Новиков М.А. Интегрированная оценка эколого-рыбохозяйственной уязвимости морских акваторий: от теории к практике. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2013. 124 с.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИХТИОФАУНЫ БАССЕЙНА Р. ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*А.П. Новоселов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, alexander.novoselov@rambler.ru

Известно, что биологическое разнообразие водных экосистем включает в себя самые различные организмы – от микроскопических бактерий до крупных птиц и млекопитающих, в том числе и рыб. При этом в качестве одного из количественных показателей используется их видовой состав (количество видов, включающее подвиды и экологические формы). Рассмотрение систематики рыб, принадлежности их к фаунистическим комплексам и экологии обитания представляет определенный интерес при решении ряда научных и практических задач, связанных с рациональным использованием естественных водоемов [1].

Река Зимняя Золотица берет начало из системы Золотицких озер и впадает в пролив Горло Белого моря. Общая протяженность реки – 177 км, площадь водосбора – 1950 км<sup>2</sup> [2]. На водосборе насчитывается 240 озер общей площадью 22,6 км<sup>2</sup> (озерность водосбора – 1,2%). Залесенность водосбора в 60-е гг. прошлого столетия составляла порядка 80%. Заболоченность увеличивается от 15% в истоках до более 20% в устьевой части. Густота речной сети в верховьях 0,6–0,8 км/км<sup>2</sup>; в среднем течении снижается до 0,4–0,5 км/км<sup>2</sup>, в низовьях вновь возрастает до 0,5–0,6 км/км<sup>2</sup>. Относится к водотокам преимущественно снегового питания, доля подземных вод незначительна. Вода в реке по химическому составу является гидрокарбонатно-кальциевой. Минерализация воды варьирует от 17–30 мг/дм<sup>3</sup> в период весеннего половодья до 220–260 мг/дм<sup>3</sup> в меженные периоды. Содержание взвешенных веществ изменяется от 1,4 г/м<sup>3</sup> в период зимней межени до 33 г/м<sup>3</sup> в период весеннего половодья, составляя в летнюю межень - 7,7 г/м<sup>3</sup>. Кислородный режим удовлетворительный в течение всего года [3].

*Состав ихтиофауны* бассейна р. Зимней Золотицы представлен двумя классами: миногами – Cephalaspidomorphi (Petromyzontes) и костными рыбами – Osteichthyes, которые относятся к 13 семействам. Список рыб, обитающих в р. Зимней Золотице, ее притоках и озерах на площади водосбора, содержит 23 вида и составлен на основе архивных материалов ФГБУ «Севрыбвод», литературных источниках [4, 5] и результатов собственных исследований (Табл. 1). Систематический состав ихтиофауны бассейна р. Зимняя Золотица представлен в соответствии с «Атласом пресноводных рыб России» [6].

Таблица 1 – Видовой состав и таксономическое разнообразие рыб в водоемах бассейна р. Зимняя Золотица

Семейства, виды, подвиды и экологические формы	Речной бассейн				
	Р. Золотица	Р. Летняя	Оз. Золотицкое	Оз. Летнее	Оз. Гаврилово
<b>Сем. Petromyzontidae – миноговые</b>					
1. Камчатская (тихоокеанская) минога – <i>Lethenteron camtchaticum</i> (Tilesius, 1811)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Salmonidae – лососевые</b>					

Семейства, виды, подвиды и экологические формы	Речной бассейн				
	Р. Золотица	Р. Летняя	Оз. Золотицкое	Оз. Летнее	Оз. Гаврилово
2. Семга – <i>Salmo salar</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	-	-
3. Кумжа – <i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	+	-	-	-	-
4. Горбуша – <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (Walbaum, 1792)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Coregonidae – сиговые</b>					
5. Европейский сиг – <i>Coregonus lavaretus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
6. Сиг-пыжьян – <i>C. l. pidschian</i> (Gmelin, 1788)	+	-	-	-	-
7. Европейская ряпушка – <i>C. albula</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
8. Пелядь – <i>C. peled</i> (Gmelin, 1789)	-	-	-	-	+
9. Нельма – <i>Stenodus leucichthys nelma</i> (Pallas, 1773)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Thymallidae – хариусовые</b>					
10. Европейский хариус – <i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Osmeridae – корюшковые</b>					
11. Азиатская зубастая корюшка – <i>Osmerus mordax</i> (Mitchill, 1815)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Esocidae – щуковые</b>					
12. Щука – <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+
<b>Сем. Cyprinidae – карповые</b>					
13. Плотва – <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+
14. Язь – <i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-	+	+
15. Елец – <i>L. leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
16. Обыкновенный гольян – <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Balitoridae – балиториевые</b>					
17. Усатый голец – <i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
<b>Сем. Lotidae – налимовые</b>					
18. Налим – <i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-	+	+
<b>Сем. Gasterosteidae – колюшковые</b>					
19. Девятииглая колюшка – <i>Pungitius pungitius</i> (Linnaeus, 1758)	+	+		-	-
<b>Сем. Percidae – окуневые</b>					
20. Речной окунь – <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+
21. Обыкновенный ерш – <i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	+	+	+
<b>Сем. Cottidae – керчаковые</b>					
22. Обыкновенный подкаменщик – <i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758	+	-	-	-	-
<b>Сем. Pleuronectidae - камбаловые</b>					
23. Речная камбала – <i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
Всего видов:	22	7	4	6	7

В систематическом плане наибольшим количеством (5 или по 21,7%) характеризуется семейство сиговых (европейская ряпушка, нельма, пелядь и два подвида сига). В несколько меньшем количестве представлены семейства карповых (4 вида или 17,4%) и лососевых (3 вида или 13,0%). Первое семейство включает плотву, язя, усатого гольца и обыкновенного (речного) гольяна. Второе – соответственно атлантического лосося, кумжу и акклиматизированную горбушу. Двумя видами (8,7%) представлено семейство окуневых (речной окунь и обыкновенный ерш). По одному виду (по 4,3%) входят в семейства миноговых (камчатская минога), хариусовых (европейский хариус), корюшковых (азиатская зубастая корюшка), щуковых (щука), балиториевых (усатый голец), налимовых (налим), колюшковых (девятииглая колюшка), керчаковых (обыкновенный подкаменщик) и камбаловых (речная камбала).

В экологическом отношении минога, семга, кумжа, горбуша и азиатская

корюшка являются проходными видами, поднимающимися на различные расстояния по рекам и их притокам к местам расположения нерестилищ. Сиги, пелядь и нельма относятся к полупроходным видам, миграции которых ограничены только бассейном р. Зимней Золотицы. Туводные рыбы (все остальные) являются типично пресноводными видами (за исключением речной камбалы), жизненный цикл которых полностью приурочен к определенным речным биотопам.

*Фаунистические комплексы.* Всех рыб, обитающих в бассейне р. Зимняя Золотица, по классификации Г.В. Никольского [7] можно отнести к 5 фаунистическим комплексам. Наибольшее число пресноводных видов (8 или 34,8%) относится к арктическому пресноводному комплексу. Он представлен миногой, европейской ряпушкой, сига́ми (среднетычинковый сиг и сиг-пыжьян), нельмой, пелядью, налимом и азиатской зубастой корюшкой. Чуть меньшее количество (7 видов или 30,4%) входит в бореальный предгорный фаунистический комплекс, а именно атлантический лосось, горбуша, кумжа, европейский хариус, речной голянь, усатый голец и обыкновенный подкаменщик. Бореальный равнинный комплекс включает 6 видов (26,1%), представленных щукой, плотвой, ельцом, язём, ершом и окунем. В Понто-каспийский пресноводный комплекс входит лишь один вид (4,3%) – девятииглая колюшка. Единственный морской фаунистический комплекс – бореальный атлантический также включает лишь один вид (4,3%). Это речная камбала, обычная в низовьях рек, и поднимающаяся иногда по ним на значительные расстояния [8].

По *характеру питания* все виды, обитающие в водоемах бассейна р. Зимняя Золотица, можно отнести к четырем группам: планктофагам, бентофагам, хищникам (включающим хищно-паразитический тип питания миног) и эврифагам. Типично планктонное питание имеют лишь два вида рыб (8,7%), обитающих в озерах рассматриваемой территории. Это европейская ряпушка и пелядь. В то же время, следует иметь в виду, что мелкие формы зоопланктона потребляет молодь практически всех видов рыб на ранних этапах онтогенеза. Рыбами с преимущественно бентосным также являются два вида сигов, составляющие в количественном отношении 8,7% от всей ихтиофауны, и представленные среднетычинковым европейским сигом и сибирским сигом-пыжьяном. Хищным характером питания (эврифагия) характеризуются 9 видов рыб, что составляет более трети (39,1%) всего состава ихтиофауны. В основном это проходные и полупроходные хищники - атлантический лосось, кумжа, акклиматизированная горбуша, азиатская зубастая корюшка и нельма. Сюда же относится камчатская минога (с хищно-паразитическим типом питания), а также часть туводных хищных рыб (щука, налим и окунь). Самую большую группу – 10 видов (43,5%) составляют эврифаги, представляющие собой рыб, имеющих широкий пищевой спектр с преимущественным потреблением того или иного вида корма.

По *характеру размножения* подавляющее большинство рыб относятся к видам, использующим для откладки икры определенный субстрат. Наибольшее количество видов (11 или 47,8% от всех рыб) откладывают икру на каменистых участках дна – так называемые литофилы. Из проходных рыб сюда относятся атлантический лосось, кумжа, акклиматизированная горбуша, полупроходная нельма, а также ряд речных (сиг-пыжьян, пелядь, европейский хариус, речной голянь и обыкновенный подкаменщик) и озерных (европейская ряпушка, а также среднетычинковый сиг). К видам псаммофилам, откладывающим икру на песчаных участках дна, относятся 6 видов (26,1%). Они также включают как проходных (камчатская минога, азиатская корюшка), так и туводных (налим, ерш, елец, усатый голец). Значительно меньшим количеством видов (4 или 17,4%) представлены рыбы, предпочитающие откладывать икру на растительный субстрат. Это весенне-нерестующие фитофильные виды, включающие щуку, плотву, язя и окуня. Группа пелагофилов включает один вид (4,3%), откладывающий икру в толщу воды (речная камбала). Также один вид (4,3%) устраивает для откладки икры гнезда (девятииглая колюшка).

В хозяйственном отношении все виды рыб, обитающие в водоемах бассейна р. Зимняя Золотица, могут быть отнесены к следующим категориям.

Ценные промысловые виды – это рыбы, имеющие повышенный спрос в силу высоких потребительских качеств. В численном выражении они составляют около половины (10 видов, или 43,5%) всего состава ихтиофауны бассейна. Прежде всего, это рыбы лососево-сигового комплекса. Лососевые рыбы представлены проходными видами – атлантическим лососем (семгой), кумжей и дальневосточной горбушей. Из сиговых рыб промыслом используются *сиги*, озерная форма пеляди (в оз. Гаврилово бассейна р. Летняя) и озерная европейская ряпушка. В качестве прилова отмечается полупроходная нельма. В приустьевом участке реки промыслом может активно использоваться нерестовое стадо азиатской зубастой корюшки и проходной камчатской миноги.

Второстепенные промысловые рыбы. Составляют несколько меньшую долю (7 видов, или 30,4%), чем ценные промысловые виды. К ним, прежде всего, можно отнести весенненерестующих частичковых видов – щуку, язя, плотву и окуня. В осенне-зимний период некоторое промысловое значение в устьевой части реки имеет речная камбала, в озерах – налим. В мелководьях орудия лова повсеместно прилавливается ерш, который может использоваться для сушения.

Непромысловые рыбы. К ним относится группа видов (4 или 17,4%), не представляющая интереса ввиду малочисленности объектов или в силу низкой гастрономической ценности – речной голяк, девятииглая колюшка, усатый голец и обыкновенный подкаменщик.

Объекты спортивно-любительского рыболовства. Составляют незначительную долю (лишь 2 вида или 8,7%) ихтиофауны бассейна, но в то же время могут играть значительную роль в стимулировании и развитии рекреационных аспектов рыболовства. Излюбленным объектом спортивно-любительского рыболовства на крючковую снасть является широко распространенный европейский хариус. Менее популярен обыкновенный елец.

Среди ихтиофауны водоемов бассейна р. Зимняя Золотица нет видов рыб, резко сокращающих свою численность и ареал, и находящихся на грани исчезновения. В то же время, два вида включены в список рыб Красной книги Архангельской области [9] по формальному признаку, поскольку присутствие видов в Красной книге Российской Федерации обязывает внесение их и в региональные Красные книги тех субъектов Федерации, на территории которых они обитают. По этому признаку в Красную книгу Архангельской области попали обыкновенный подкаменщик и нельма с категорией 7. Однако следует иметь в виду, что этим видам на территории Архангельской области исчезновение не угрожает и их современное состояние не вызывает опасений.

В целом информация о составе ихтиофауны р. Зимняя Золотица может быть использована при разработке общероссийских и региональных программ по изучению и сохранению биологического разнообразия [10, 11]. Кроме того, уточненные данные по составу ихтиофауны рек в различных регионах (разработка региональных каталогов рыб) могут служить основой при составлении полного списка рыб в континентальных водоемах России.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-05-60151 «Арктика» и Минобрнауки РФ (проект № АААА-А19-119011500368-9).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новоселов А.П., Студенов И.И., Дерез В.П. Состав ихтиофауны как показатель видового разнообразия рыб реки Зимняя Золотица (Зимний берег Белого моря) // Малые реки: современное экологическое состояние, актуальные проблемы: тез. докл. междунар. науч. конф. (Тольятти, 23-27 апр. 2001 г.) Тольятти, 2001. С. 151.
2. Гидрологическая изученность. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный край. -

- Л.: Гидрометеиздат. Т. 3. 1972. 612 с.
3. Тучина О.Р. Золотица – Поморская энциклопедия. Т. 2. Природа Архангельского Севера /Гл. редактор Н.М. Бызова/. Архангельск, Поморский ГУ, 2007. С. 190.
  4. Студенов И.И., Новоселов А.П., Иванов А.К., Устюжинский Г.М., Боркичев В.С. Рыбохозяйственная характеристика речной системы Зимней Золотицы в зоне обустройства месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова и разработка мероприятий по снижению ущерба рыбным ресурсам // Материалы отчетной сессии Северного отделения ПИНРО (по итогам научно-исследовательских работ 2002-2003 гг.). Архангельск, 2005. С. 190-213.
  5. Студенов И.И., Новоселов А.П. Краткая биологическая характеристика европейского хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) реки Зимней Золотицы бассейна Белого моря // В сб.: «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера», [электронный ресурс] – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2013.
  6. Атлас пресноводных рыб России. Т. 1. / Под ред. Ю.С.Решетникова. М., Наука, 2003. 379 с.
  7. Пономарев В.И., Захаров А.Б., Шалаев С.Н. О нахождении речной камбалы *Platichthys flesus* L. в реке Печоре // Вопросы ихтиологии. Т. 38, № 2. 1998. С. 278-279.
  8. Никольский Г.В. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. М., Пищевая пром-сть: 1980. 182 с.
  9. Красная книга Архангельской области. Официальное издание / Под ред. А.П. Новоселова. Архангельск, 2008. 330 с.
  10. Соколов В.Е., Решетников Ю.С. Мониторинг биоразнообразия в России// Мониторинг биоразнообразия. Москва, 1997. С. 8-14.
  11. Решетников Ю.С., Шатуновский М.И. Теоретические основы и практические аспекты мониторинга пресноводных экосистем//Мониторинг биоразнообразия. Москва, 1997. С. 26-32.

## **ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ**

*А.П. Новоселов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, alexander.novoselov@rambler.ru

Территория Европейского северо-востока России включает Архангельскую область, Ненецкий автономный округ и Республику Коми и омывается водами трех морей (Белого, юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского). Рыбохозяйственный фонд региона включает четыре крупных речных бассейна (Онежский, Северодвинский, Мезенский и Печорский), а также множество озер. Биологические ресурсы региона включают 64 вида рыб, среди которых особо ценными промысловыми видами являются рыбы лососевого (семга, кумжа, арктический голец) и сигового (сиг, омуль, пелядь, чир, ряпушка, нельма) комплексов [1].

Ввиду обширной географической протяженности регион испытывает многостороннее антропогенное воздействие. Здесь интенсивно осваиваются полезные ископаемые, разрабатываются новые месторождения нефти и газа, идет поиск наиболее эффективных технологий добычи золота и алмазов, развивается мощная промышленная инфраструктура. К сожалению, хозяйственное освоение территории проводилось и проводится без должного учета устойчивости природных экосистем, что привело к увеличению техногенной нагрузки на водоемы. Дальнейшее антропогенное

воздействие может в конечном итоге привести к частичному разрушению водных экосистем или к переходу их в качественно новое состояние, характеризующееся снижением численности хозяйственно ценных видов рыб.

В этой связи представляется целесообразной разработка Концепции рационального использования рыбных ресурсов внутренних водоемов региона, включающей комплекс мер, направленных на стабилизацию и улучшение рыбного хозяйства в реально существующих условиях. Прежде всего, необходимо выполнение анализа современной ситуации, проведение оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) с определением конкретного ущерба, наносимого рыбным ресурсам, и экологическое прогнозирование возможных изменений в водных экосистемах. В качестве приоритетного направления оптимизации рыбного хозяйства следует прежде всего рассмотреть интенсификационные мероприятия, основанные на переходе от простых форм эксплуатации водоемов (рыболовство) к культурным способам ведения рыбного хозяйства. К ним относятся следующие направления пресноводной аквакультуры: сиговодство, организация нерестово-выростных хозяйств, разведение частиковых рыб, индустриальное рыбоводство на теплых водах промышленных предприятий региона, а также формирование агрогидробиоценозов.

На наш взгляд, первоочередной задачей при разработке путей интенсификации рыбного хозяйства в регионе является улучшение экологической обстановки в регионе. Поскольку экологическое благополучие гидробионтов, в том числе и рыб, всецело зависит от условий среды обитания, необходимо если и не исключить полностью, то хотя бы свести до минимума негативное воздействие на водные экосистемы антропогенной деятельности. Решение этой задачи, в свою очередь, требует решения вопросов оперативного биологического мониторинга и долгосрочного прогнозирования возможных экологических ситуаций.

### **1. Оценочно-восстановительные мероприятия**

*Мониторинг.* Мониторинг водных экосистем представляет собой комплекс работ, включающий оценку, анализ и прогнозирование состояния изучаемых объектов. Характеризуется непрерывностью и массовостью наблюдений по специальной сети станций, которые обеспечивают возможность анализа пространственно-временной динамики исследуемых параметров. При комплексном ведении мониторинг включает наблюдения за средой обитания (качество вод и донных отложений), кормовой базой (фито- и зоопланктон, бентос), а также сырьевой базой (рыбы и другие промысловые объекты). Мониторинг в целях управления водными экосистемами наиболее показателен, поскольку охватывает все основные звенья экосистем. В целом, мониторинг природной среды рассматривается как основа контроля негативных воздействий антропогенного комплекса и база для внедрения природоохранной политики.

*Оценка антропогенного воздействия (ОВОС).* В условиях хронического ухудшения экологической обстановки в Арктическом регионе возникает необходимость во всестороннем анализе комплексного влияния антропогенных факторов на водные экосистемы. Это дает реальную возможность оценки степени их воздействия и выявления механизмов адаптивных реакций биологической составляющей водных экосистем. При этом предполагается выполнение оценочных работ, позволяющих проведение анализа текущей ситуации и оценки ущерба, наносимого рыбным ресурсам.

*Компенсация ущерба.* Целью компенсационных мероприятий является выполнение работ по восстановлению нарушенного состояния водных экосистем, а также по устранению последствий негативного воздействия на состояние биоресурсов и среды их обитания (компенсация ущерба). Предусматривается несколько вариантов проведения мероприятий по компенсации ущерба, наносимого водным биоресурсам и среде их обитания, а именно:

- искусственное воспроизводство водных биоресурсов;
- их акклиматизация;
- рыбохозяйственная мелиорация водных объектов;
- создание новых, а также расширение или модернизация уже существующих производственных мощностей, обеспечивающих выполнение указанных выше мероприятий.

## 2. Возможности хозяйственного использования рыбных ресурсов

Практика последних десятилетий показала, что экстенсивное рыболовство путем расширения экспедиционного промысла на внутренних водоемах вряд ли оказывается приемлемым из-за низкой численности речных рыб и труднодоступности большинства озер, требующих в условиях Севера использования дорогостоящих авиационных перевозок. В то же время, достаточно эффективными могут быть интенсификационные мероприятия, основанные на переходе от простых форм эксплуатации водоемов к культурным способам ведения рыбного хозяйства. Основными путями повышения естественной рыбопродуктивности пресноводных водоемов и получения ценной в пищевом отношении рыбной продукции могут быть следующие (Рис. 1) [2].

- Сиговодство:
  - эстуарное (использование полупроходных форм сиговых рыб);
  - озерное (создание полносистемных озерных сиговых хозяйств).
  - заводское воспроизводство молоди, включая и использование рыбоводных модулей.
- Разведение частиковых рыб:
  - создание нерестово-выростных хозяйств;
  - выращивание молоди щуки и леща в заводских условиях.
- Индустриальное выращивание рыб:
  - тепловодное рыбоводство на базе промышленных предприятий;
  - форелеводство.
- Формирование агрогидробиоценозов.

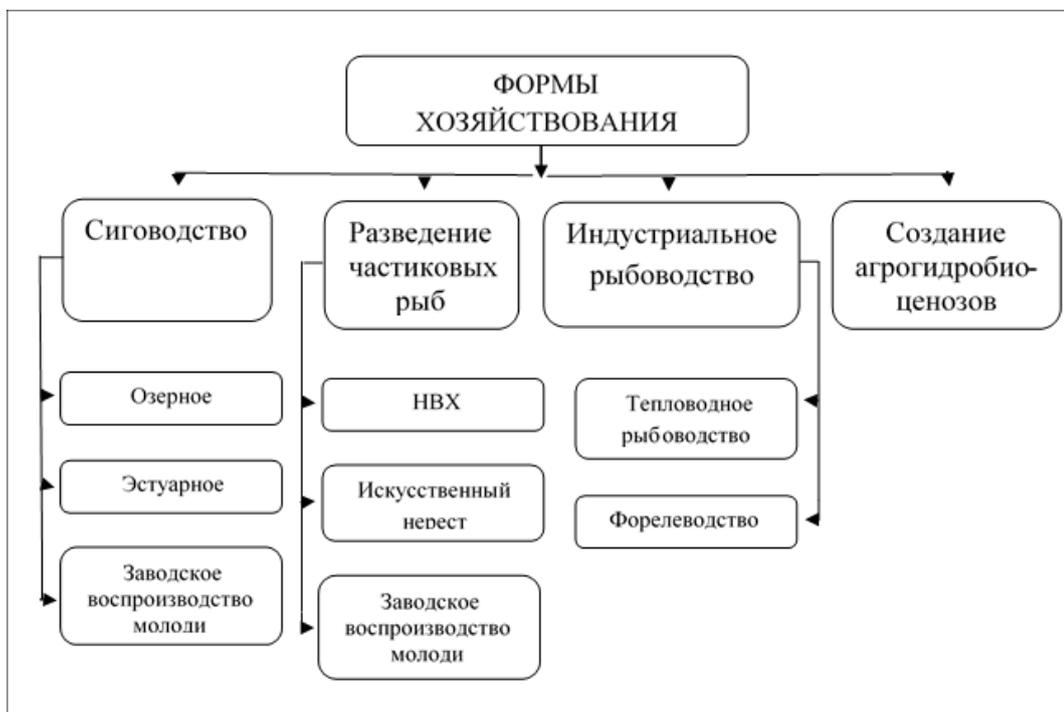


Рис. 1 – Блок-схема интенсивного развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Европейского северо-востока России

Сиговодство. В современных условиях сохранить популяции сиговых рыб в естественных водоемах можно лишь в том случае, если человек возьмет естественное воспроизводство в свои руки и будет эксплуатировать стада на строго научной основе. Решение проблемы возможно по трем основным направлениям, взаимно дополняющим друг друга – пастбищное сиговодство, озерное сиговодство и заводское воспроизводство молоди сиговых рыб [3].

Пастбищное выращивание рыб. Предусматривает использование различных видов полупроходных сиговых рыб крупных речных бассейнов как объектов аквакультуры. Оно имеет своей целью создание эстуарного пастбищного сиговодства в устьевых участках рек с опресненным режимом, являющихся своеобразным высококормным биотопом. На территории Архангельской области широко разветвленная дельта и участки приустьевого взморья р. Северная Двина могут реально обеспечить высокую продуктивность по сиговым рыбам (в частности сигу и нельме). В Ненецком автономном округе в дельте р. Печора и Печорской губе можно выращивать в режиме свободного нагула более широкий спектр сиговых видов рыб, в частности сига, нельму, пелядь, ряпушку и чира.

Озерное товарное рыбоводство. Этот путь направлен на повышение естественной рыбопродуктивности озер, улучшение ассортимента получаемой рыбной продукции за счет вселения в них ценных сиговых рыб и создания на их базе высокоэффективных озерных товарных хозяйств. При этом производители сиговых рыб отлавливаются в маточных озерах, где на временных рыбоводных пунктах производится отбор и оплодотворение икры. Оплодотворенная икра перевозится в рыбоводный цех, в котором инкубируется. Выклюнувшиеся личинки после подрачивания перевозятся в подобранные и подготовленные нагульные озера, где вырастают на естественных кормах до товарной кондиции. После отлова от них отбирается икра и снова перевозится в инкубационный цех, а использованные производители реализуются в качестве товарной рыбы [4].

Заводское воспроизводство молоди сиговых рыб. Направлено на оптимизацию мероприятий по повышению эффективности заводского воспроизводства сиговых рыб. В предусмотренные биотехнологией циклы необходимо включить проведение работ по совершенствованию биотехники выращивания сиговых с применением гипофизарного инъецирования производителей и искусственного кормления молоди на всех стадиях онтогенеза. Воспроизводство речных полупроходных и проходных сиговых рыб в заводских условиях включает отлов, выдерживание и транспортировку производителей, отбор, оплодотворение и инкубацию икры. При этом выклюнувшиеся личинки и подрощенная молодь могут быть транспортированы и выпущены в дельтовую часть рек непосредственно на места нагула.

Разведение частиковых видов рыб. Решение проблемы может быть достигнуто путем создания сети нерестово-выростных хозяйств (НВХ), в которых условия воспроизводства весенне-нерестующих рыб близки к естественным. Такая форма ведения хозяйства дает реальную возможность регулирования видового и качественного состава выращиваемой молоди, а также поддержания на нужном уровне гидрологического и гидробиологического режимов используемых водоемов. В НВХ проводятся систематические наблюдения за количеством и качеством отложенной икры и ее инкубацией, развитием, ростом и выживаемостью молоди, состоянием кормовой базы. Исследования показали, что по сравнению с естественными водоемами эффективность использования нерестово-выростных площадей, используемых по принципу НВХ, повышается более чем в 10–12 раз [5].

В то же время любительское рыболовство можно рассматривать как альтернативу традиционному способу ведения рыбного хозяйства. По мнению ряда авторов, выгоднее использовать рыбные ресурсы небольших пресноводных водоемов не для промышленного рыболовства, а для любительского. Для этого необходимо

создание сети рыбоводных хозяйств, действующих с учетом специфики региональных условий. Конечной целью проводимых в этом направлении работ должно стать создание управляемых хозяйств любительского рыболовства на базе малых озер [6–8].

*Индустриальное выращивание рыб.* Включает тепловодное рыбоводство на базе теплых водах промышленных предприятий, а также форелеводство в естественных водоемах. Оба направления имеют реальные предпосылки для успешного развития на территории Европейского северо-востока России [9–12].

*Формирование агрогидробиоценозов.* Известно, что водоем, так же, как и пашня, обладает природным свойством давать урожай, выражающийся не только выращенной в нем рыбой, но и продукцией водоплавающей птицы и кормов для сельскохозяйственных животных. Иными словами, на любом водоеме можно создать так называемый "агрогидробиоценоз", то есть комплекс "вода + рыба + птица + растительное сообщество" [13]. При поликультуре рыбы и водоплавающей птицы можно эффективно включать в оборот мелководную литоральную зону озер. Эффективное использование этих возможностей позволит перейти к многоотраслевому производству в специализированных пресноводных хозяйствах. В то же время сельскохозяйственные предприятия, в ведении которых находятся водоемы, смогут использовать их в рыбоводных целях.

Таким образом, возможности хозяйственного использования рыбных ресурсов внутренних водоемов Европейского северо-востока России включают: 1) Сиговодство, дающее возможность получать в определенных объемах рыбный продукт высокой пищевой ценности. Подразумевает развитие озерного и эстуарного сиговодства. Первое предусматривает формирование на озерах полносистемных сиговых хозяйств с формированием собственных маточных стад. Второе – изучение и использование различных форм проходных сиговых рыб бассейнов крупных рек как объектов аквакультуры. 2) Разведение частичковых рыб с формированием сети нерестово-выростных хозяйств в пойменных заливных водоемах, а также создание управляемых хозяйств любительского рыболовства на базе малых озер. 3) Индустриальное выращивание рыб, предусматривающее использование производственной базы промышленных предприятий, включая садковое выращивание товарной форели в естественных водоемах. 4) Формирование агрогидробиоценозов, позволяющих комплексно, т.е. наиболее оптимально использовать природные ресурсы водоемов благодаря различным формам поликультур, используемых на малых озерах.

Намеченные пути интенсификации имеют реальную базу для дальнейшего развития и могут способствовать обеспечению населения Европейского Северо-востока России рыбной продукцией высокого качества.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта Минобрнауки РФ (№ АААА-А19-119011500368-9).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новоселов А.П. Современное состояние рыбной части сообществ в водоемах Европейского Северо-Востока России // Автореф. дисс... докт. биол. наук. Москва. 2000. 50 с.
2. Novoselov A. The potential of aquaculture development on freshwater of Arkhangelsk region (Russia) // "AQUA-2006" – Meeting Abstracts. № 840. 2006. P. 38.
3. Новоселов А.П., Студенов И.И. Сиговодство как один из путей развития рыбного хозяйства в европейском секторе Арктики // Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны. Сборник научных трудов. Архангельск, 2015. С. 94-101.
4. Новоселов А.П. Развитие товарного сиговодства - путь повышения продуктивности озер Архангельской области // Рыбное хозяйство. 1991. № 3. С.

- 44-47.
5. Новоселов А.П. Об актуальности создания нерестово-выростных хозяйств в среднем течение Северной Двины // Тез. докл. научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения А.А. Борисова. Архангельск. 1991. С. 47-50.
  6. Козьмин А.К. Искусственное разведение щуки членами общества охотников и рыболовов в Архангельской области// Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. Петрозаводск. 1991. С. 123-124.
  7. Стерлигов А.В. и др. Опыт воспроизводства леща и щуки для целей интенсификации любительского рыболовства // Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. Петрозаводск. 1991. С. 133-134.
  8. Замахаяев М.В. Разводят рыбу рыболовы // "Рыбное хозяйство". 1991. № 3. С. 47-48.
  9. Зеленков В.М., Кулида С.В. Возможности развития форелеводства в Архангельской области // Научно-техническая политика и развитие новых отраслей экономики Архангельской области. Архангельск. 1998. С. 261-262.
  10. Козьмин А.К., Шатова В.В. Результаты опытного выращивания форели на базе теплых вод Северодвинской ТЭЦ-2 и перспективы тепловодного рыбоводства в Архангельской области // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Архангельск. 1985. С. 234-236.
  11. Кулида С.В., Тимофеев В.И. Перспективы использования сбросных вод промышленных предприятий Архангельской области для рыбоводных целей // Тезисы 1У Всесоюзного совещания по рыбохозяйственному использованию теплых вод. Москва. 1990. С. 49-51.
  12. Новоселов А.П., Лосева Т.В. Использование теплых вод Архангельского ЦБК в рыбоводных целях // Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. Петрозаводск. 1991. С. 115-117.
  13. Козлов В.И. Что такое агрогидробиоценоз // "Рыбное хозяйство". 1991. № 7. С. 20-21.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕКИ ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА**

*А.С. Орлов, И.Н. Зубов, С.Б. Селянина*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [gumin@fciarctic.ru](mailto:gumin@fciarctic.ru)

Для Европейского Севера РФ характерна высокая распространенность болотных ландшафтов [1], что во многом обусловлено наличием особых геоклиматических условий. Болотные природные комплексы северных территорий представлены преимущественно болотами верхового типа. Они являются сложными саморегулирующимися и постоянно развивающимися системами. Их основные компоненты (характерные флора и фауна, микробиота, водная среда, торфяные отложения и т.д.) тесно взаимосвязаны, при этом изменение любого из них приводит к существенной трансформации всей системы.

С учетом современных тенденций природопользования представляется актуальным поиск чувствительных параметров экспресс оценки состояния болотных экосистем, в особенности Арктической зоны, ввиду изменения их естественного состояния, как за счет глобальных климатических процессов, так и в ходе хозяйственно-промышленного освоения этих территорий.

В настоящее время одним из основных источников информации о состоянии болотных экосистем является растительный покров [2]. Его трансформация указывает преимущественно на изменение условий в торфогенном (аэрированном) слое, но при этом отклик системы на воздействие достаточно растянут во времени, и не дает достоверной информации о процессах, протекающих в глубинных слоях залежи.

В ряде работ отмечено [3–5], что для описания состояния торфяной залежи по всей ее глубине более показательны физические, химические и физико-химические параметры. Определение большинства из них весьма трудоемко и требует проведения продолжительной камеральной обработки, однако некоторые из них, например, потенциометрические и кондуктометрические измерения, находят применение и в полевых условиях. Это позволяет получать информацию достаточно быстро и в условиях наиболее приближенных к реальным, а также исключить влияние транспортировки и хранения проб [3]. Одним из таких экспрессных параметров является окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) залежи, который представляет собой показательную характеристику, отражающую совокупность факторов и процессов, отвечающих за формирование окислительно-восстановительного режима, а также химической и биохимической трансформации органического вещества в залежи. Изменение численных значений данного показателя может служить источником информации об экологическом состоянии торфяной залежи и ее отдельных горизонтов, а также о ходе процесса биогеотрансформации органического вещества. ОВП в значительной мере зависит от рН и минерализации – характеристических параметров, которые используются, в частности, для градации болот по типу питания [6].

Для верховых болот Архангельской области ранее нами был выявлен ряд закономерностей, которые заключаются в снижении ОВП и активной кислотности торфа при движении от поверхностных к глубинным слоям залежи [3–5], что обусловлено изменением уровня аэрации залежи и химического состава торфа. Влияние внешних воздействий, таких как болотные пожары, засухи, осушение или обводнение высокоминерализованными водами, могут существенно изменять окислительно-восстановительный режим залежи и численные значения показателя ОВП.

В ходе исследования методами прямой потенциометрии и кондуктометрии выполнена оценка физико-химических параметров (рН, ОВП и минерализации) трех торфяных залежей ненарушенных верховых болот, расположенных в Приморском районе Архангельской области на территории водосборного бассейна реки Зимняя Золотица в нижней части ее течения.

Согласно полученным данным для исследуемых болотных массивов наблюдается высокая корреляция между параметром ОВП и степенью разложения – основной характеристикой торфа, отражающей уровень биохимического распада растений торфообразователей. Во всех случаях коэффициент корреляции для полиномиальной зависимости первой степени  $R^2 > 0,9$ .

Данные ОВП свидетельствуют о том, что по мере движения от поверхности вглубь залежи слабоокислительные условия (400–500 мВ) постепенно сменяются на умеренно-восстановительные (200–300 мВ), а в нижней части залежи соответствуют уже интенсивно восстановительным (< 200 мВ). Необходимо отметить, что такая тенденция наблюдается для всех исследованных в данной работе залежей, однако распределение зон с разным окислительно-восстановительным режимом по глубине может существенно отличаться, что связано, по-видимому, с индивидуальными особенностями формирования и функционирования каждой конкретной залежи.

Показатель ОВП, зафиксированный для деятельного слоя исследуемых залежей, находится в интервале 320–415 мВ, рН 3,5–3,8, а общая минерализация составила 33 – 73 мг/л, что позволяет отнести данные залежи к кислой окислительной фации

торфяников, характерной для таежных ландшафтов [6, 7]. Торф этой фации характеризуется довольно высоким содержанием свободного кислорода, поступающего как из воздуха, так и за счет фотосинтеза болотных растений, что способствует активной жизнедеятельности микробиоты. И лишь наиболее погруженные слои исследуемых залежей, для которых ОВП < 200 мВ, можно отнести к кислой восстановительной глеевой фации, которая характерна для погребенных низинных торфов, образовавшихся в условиях питания болот низкоминерализованными водами.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта Минобрнауки России (№ АААА-А18-118012390224-1) и проекта РФФИ № 18-05-60151.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Minayeva T.Yu., Sirin A.A. Peatland Biodiversity and Climate Change // *Biology Bulletin Reviews*. 2012. Vol. 2. № 2. P. 164-175. doi: 10.1134/S207908641202003X
2. Юрковская Т.К. Болота Архангельской области: ботанико-географические особенности и динамическое состояние / Материалы конференции «IX Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 5 – 7 февраля 2018 г.). Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. С. 243-246.
3. Орлов А.С., Зубов И.Н., Селянина С.Б., Забелина С.А. Окислительно-восстановительный режим торфяной залежи верховых сфагновых болот Архангельской области / В сборнике: Болота и биосфера. Материалы Всероссийской с международным участием X школы молодых ученых (Тверь, 17-21 сентября 2018 г.), 2018. С. 221-226.
4. Зубов И.Н., Орлов А.С., Селянина С.Б. О применимости окислительно-восстановительного потенциала для оценки состояния торфяных залежей болотных экосистем // *Успехи современного естествознания*. 2019. № 3. С. 51-55.
5. Орлов А.С., Селянина С.Б., Зубов И.Н., Труфанова М.В. Применение физико-химических параметров для оценки состояния торфяно болотных экосистем / Материалы конференции «X Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 4-6 февраля 2019 г.). Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 151-152.
6. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Классификация твердых горючих ископаемых и методы их исследований: [монография] / В.Г. Самойлик. Харьков: Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. 308 с.

#### **ОСОБЕННОСТИ ВЕСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА ЯНДОВОЙ ГУБЫ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ 2016-2018 ГГ.**

*Н.Г. Отченаш, З.В. Остапенко*

Северный отдел Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» г. Архангельск, otchenasch@pinro.ru

Яндова губа находится в районе Летнего берега Двинского залива Белого моря в предустьевой части реки Северная Двина. Этот район Двинского залива является нерестилищем одного из стад беломорской сельди (*Clupea pallasii marisalbi*) [1]. Регулярные исследования зоопланктона Двинского залива начались в начале 1970-х годов, при этом данные по району Яндовой губы в литературе крайне скудны. Между тем, приустьевая область реки определяется как экотон, где отмечается особое развитие организмов с определенными количественными показателями и видовым разнообразием. Устьевые и приустьевые области рек являются зонами наиболее

чувствительными к антропогенному воздействию [2]. Зоопланктон — один из ключевых компонентов трофических цепей в экосистемах, регулирующий процессы трансформации биологической продукции и потоки вещества, поэтому изменения в его качественной и количественной структуре оказывают значительное влияние на остальных членов экотона.

Целью данной работы является изучение изменения состояния зоопланктонных сообществ весенней генерации Яндовой губы Двинского залива в 2016–2018 гг., определение их индекса сходства, их качественный и количественный состав.

Исследование зоопланктонного сообщества осуществлялось в рамках государственного мониторинга ФГБНУ «ПИНРО» и проводилось в июне 2016, 2017 и 2018 гг. на юге Двинского залива Белого моря, в Яндовой губе. Отбор проб зоопланктона осуществлялся планктонной сетью Джеди с диаметром входного отверстия 25 см и мельничным газом № 38 путем вертикального протягивания в слое воды дно – 0 м. При количественной обработке применялись стандартные методики [3]. Биомасса планктонных организмов рассчитывалась по их средним весам, приведённым в работах Н.М. Перцовой [3] и В.А. Трошкова [4]. Определение организмов до вида (в некоторых случаях до более крупной таксономической категории) проводилось согласно стандартным методикам путём визуализации [6–10]. Для сравнения фаунистического сходства был использован коэффициент Сёренсена-Чекановского:  $C_j = 2j / (a + b)$  где,  $a$  и  $b$  — число видов, обнаруженных в каждом из сравниваемых биоценозов,  $j$  — число общих для них видов [11].

Анализ видового состава показал, что зоопланктонное сообщество на момент исследований в 2016 г. было представлено 30 видами и надвидовыми таксонами, относящимися к 7 классам: ракообразные (Crustacea) – 20 видов, фораминиферы (Foraminifera) – 1 вид, инфузории (Infusoria) – 2 вида, коловратки (Rotifera) – 2 представителя, многощетинковые черви (Polichaeta) – 1 представитель (личиночная стадия), гидроиды (Hydrozoa) – 1 представитель, моллюски (Mollusca) – 2 представителя (личиночная стадия) и 1 представитель щетинкочелюстных (Chaetognatha). В 2017 г. в составе зоопланктонного сообщества на той же акватории были отмечены 37 таксонов, относящиеся к 6 классам: Foraminifera (1 вид), Rotifera (3 представителя), Polichaeta (1 представитель в личиночной стадии), Hydrozoa (1 представитель), Crustacea (23 вида) и Mollusca (3 представителя). Общий список видов зоопланктона в 2018 г. насчитывал 35 видов, среди которых 24 вида ракообразных (Crustacea), фораминиферы (Foraminifera) – 1 вид, инфузории (Infusoria) – 1 вид, 2 коловраток (Rotifera), многощетинковые черви (Polichaeta) 1 представитель в личиночной стадии, 1 гидроидов (Hydrozoa), 2 моллюсков (Mollusca), иглокожие (Echinodermata) – 1 вид (личиночная стадия), 1 вид щетинкочелюстных (Chaetognatha) и Appendicularia – 1 вид (личиночная стадия) (Табл. 1).

Таблица 1 – Таксономический состав весеннего зоопланктона Яндовой губы Двинского залива Белого моря в 2016–2018 гг.

Таксон	2016	2017	2018
<b>Foraminifera</b>			
Foraminifera sp.	+	+	+
<b>Infusoria</b>			
Tintinnoidea sp.	+		+
<i>Tintinnopsis</i> sp.	+		
<b>Hydrozoa</b>			
Hydromedusae sp.	+		+
<b>Rotifera</b>			
<i>Asplanchna</i> sp.	+	+	+
<i>Brachionus</i> sp.		+	
<i>Synchaeta</i> sp.	+	+	+

Таксон	2016	2017	2018
<b>Polychaeta</b>			
Polychaeta sp.(Irv)	+	+	+
<b>Arthropoda</b>			
<b>Crustacea</b>			
<b>Cladocera</b>			
<i>Evadne nordmanni</i> (Lovén, 1836)	+	+	+
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)		+	+
<i>Bosmina</i> sp.		+	
<i>Daphnia</i> sp.		+	
<i>Podon leuckarti</i> (Sars, 1862)	+	+	+
<b>Copepoda</b>			
<b>Calanoida</b>			
<i>Acartia bifilosa</i> (Giesbrecht, 1881)	+		
<i>A. longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)		+	+
<i>Acartia</i> sp.	+	+	+
<i>Calanus glacialis</i> (Jaschnov, 1955)	+		+
<i>Calanus</i> sp.		+	
<i>Centropages hamatus</i> (Lilljeborg 1853)	+	+	+
<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe, 1880)	+	+	+
<i>E. lacustris</i> (Poppe, 1887)			+
<i>Eurytemora</i> sp.		+	+
<i>Limnocalanus</i> sp.		+	
<i>Metridia longa</i> (Lübbock, 1854)		+	
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Krøyer, 1845)	+	+	+
<i>Temora longicornis</i> (Muller 1785)	+	+	+
Copepoda sp.	+	+	+
<b>Cyclopoida</b>			
<i>Oithona similis</i> (Claus, 1866)	+	+	+
<i>Oncaea borealis</i> (= <i>Triconia borealis</i> ) (G. O. Sars, 1918)	+	+	+
Cyclopoida sp.		+	+
<b>Harpacticoida</b>			
Ectinosoma sp.		+	+
<i>Harpacticus uniremis</i> (Krøyer, 1842)	+	+	+
<i>Tisbe furcata</i> (Baird, 1837)	+	+	
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1865)	+	+	+
Harpacticoida sp.	+	+	+
<b>Cirripedia</b>			
<i>Verruca stroemia</i> (O.F. Muller, 1776)	+	+	+
Cirripedia sp.	+	+	+
<b>Hydrachnidae</b>			
Hydrachnidae sp.		+	
<b>Amphipoda</b>			
Gammaridae sp.		+	+
<b>Euphausiacea</b>			
Euphausiacea sp.	+		
<b>Decapoda</b>			
Decapoda sp.	+		+
<b>Mollusca</b>			
<b>Pteropoda</b>			
<i>Limacina helicina</i> (Phipps, 1774)		+	
<b>Gastropoda</b>			
Gastropoda sp. (Irv)	+	+	+

Таксон	2016	2017	2018
<b>Bivalvia</b>			
<i>Bivalvia</i> sp. (Irv)	+	+	+
<b>Chaetognatha</b>			
<i>Parasagitta elegans</i>	+	+	+
<b>Eumetazoa</b>			
<b>Echinodermata</b>			
<i>Echinodermata</i> sp. (Irv)			+
<b>Chordata</b>			
<b>Appendicularia</b>			
<i>Oikopleura</i> sp. (Irv)			+

Показатели коэффициента Сёрнсена-Чекановского свидетельствуют о значительном сходстве таксономического состава зоопланктона Яндовой губы по годам. Наиболее сходны по видовому составу были зоопланктонные сообщества 2016 и 2018 гг. при значении коэффициента Сёрнсена-Чекановского 0,8. Для 2016 и 2017 гг. индекс сходства составил 0,69. Видовой состав зоопланктона 2017 и 2018 гг. был также очень схож – коэффициент сходства достигал 0,72.

Доминирующими по численности видами в 2016 и 2018 гг. были мелкие пресноводные коловратки (класс Rotifera), доля которых от общей численности составляла 42 и 61 % соответственно. Следует отметить, что в обоих случаях основную массу коловраток составляли представители *Asplanchna* sp., на долю которых приходилось до 99 %, в значительно меньших количествах присутствовали *Synchaeta* sp. В 2017 г. численным доминантом выступал представитель Copepoda *Pseudocalanus minutus* (39 % от общей численности).

Комплекс зоопланктонных организмов, доминирующих по биомассе, в 2016 г. был представлен различными мелкими копеподами (максимальные значения принадлежали *Eurytemora affinis* – 19 % от общей биомассы), коловратками, преимущественно *Asplanchna* sp., гидроидами и личинками двустворчатых моллюсков. В 2017 г. основной вклад в формирование общей биомассы принадлежал представителям копепод *Pseudocalanus minutus* (38 % от общей биомассы), *Eurytemora* sp. (33 % от общей биомассы) и Harpacticoida sp. (14 % от общей биомассы). В 2018 году по биомассе доминировали коловратки (68 % от общей биомассы (Табл. 2).

Количественные показатели зоопланктона в 2016–2018 гг. значительно отличались – средняя численность и средняя биомасса в 2016 году составляли 46361 экз./м<sup>3</sup> и 241,502 мг/м<sup>3</sup> соответственно. В 2017 г. аналогичные показатели составляли 29955 экз./м<sup>3</sup> и 146,661 мг/м<sup>3</sup>, соответственно. В 2018 г. средняя численность достигала 38773 экз./м<sup>3</sup> при общей биомассе 686,765 мг/м<sup>3</sup> (Табл. 2).

Таблица 2 – Средние количественные показатели весеннего зоопланктона Яндовой губы Двинского залива в 2016, 2017 и 2018 гг.

Год	Численность, экз./м <sup>3</sup>	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Виды, доминирующие по численности (% от общей численности)	Виды, доминирующие по биомассе (% от общей биомассы)
2016	46361	241,502	<i>Rotifera</i> sp. (42) <i>Bivalvia</i> sp. (13) <i>Eurytemora affinis</i> (11) <i>Oithona similis</i> (10) Harpacticoida sp. (7) Hydromedusae sp. (6) <i>Evadne nordmanni</i> (4) <i>Pseudocalanus minutus</i> (2)	<i>Eurytemora affinis</i> (19) <i>Oithona similis</i> (14) <i>Rotifera</i> sp. (10) Hydromedusae sp. (10) Harpacticoida sp. (10) <i>Bivalvia</i> sp. (8) <i>Evadne nordmanni</i> (8) <i>Pseudocalanus minutus</i> (8)
2017	29955	146,661	<i>Pseudocalanus minutus</i> (39) <i>Eurytemora</i> sp. (21)	<i>Pseudocalanus minutus</i> (38) <i>Eurytemora</i> sp. (33)

Год	Численность, экз./м <sup>3</sup>	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Виды, доминирующие по численности (% от общей численности)	Виды, доминирующие по биомассе (% от общей биомассы)
			Copepoda sp. (16) Harpacticoida sp. (14) Rotifera sp. (3)	Harpacticoida sp. (14) Rotifera sp. (3) Calanus sp. (3)
2018	38773	686,765	Rotifera sp. (61) Eurytemora sp. (9) Oithona similis (7) Pseudocalanus minutus (5) Bivalvia sp. (5)	Rotifera sp. (68) Eurytemora sp. (9) Pseudocalanus minutus (6) Oithona similis (3) Evadne nordmanni (2)

В результате исследований можно сделать ряд выводов. Показатели коэффициента Сёрнсена-Чекановского свидетельствуют о значительном сходстве таксономического состава зоопланктона Яндовой губы по годам, что указывает на устойчивость этого зоопланктонного сообщества. Видовой состав в целом соответствует литературным данным по таксономии зоопланктона всей акватории Двинского залива. Несмотря на схожесть видового состава, структура популяции менялась год от года – сменились доминирующие виды и субдоминанты. Кроме того, наблюдались значительные колебания количественных показателей. Численности были выше представленных в литературе, общая биомасса в 2018 г. также значительно превысила данные исследований прошлых лет.

Подобные несоответствия вызваны особенностями приустьевых областей рек, где на биоту значительное влияние оказывает речной водоток. Для выяснения конкретных причин необходимы дополнительные исследования и сопоставление данных с гидрологическими показателями кутовой части Двинского залива.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гошева Т.Д., Нерестилища беломорской сельди / Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Выпуск XIII (Работы Северного отделения ПИНРО). Мурманск. 1970. С. 76-83.
2. Одум Ю. Основы экологии. М., 1975. 740 с.
3. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А.В. Цыбань. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 192 с.
4. Перцова Н.М. Средние веса и размеры массовых видов зоопланктона Белого моря Океанология. 1967. Т. 2. Вып. 2. С. 309-313.
5. Трошков В.А. Веса некоторых макропланктеров Белого моря // Проблемы изучения рационального использования и охраны ресурсов Белого моря: материалы IX междунар. конф. (Петрозаводск, 11-14 окт. 2004 г.). Петрозаводск, 2005. С. 305-309.
6. Иллюстрированные определители свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики. Т. 1. Коловратки, морские пауки и ракообразные / Л. А. Кутикова [и др.]; Под ред. Б.И. Сиренко. М.; СПб: КМК, 2009. 189 с.
7. Корнев П.Н., Чертопруд Е.С. Веслоногие ракообразные отряда Harpacticoida фауны Белого моря: Морфология, систематика, экология. М.: КМК, 2008. 379 с.
8. Определитель фауны и флоры северных морей СССР: учеб. пособие для ун-тов / Под ред. Н. С. Гаевской; сост. Г. Г. Абрикосов [и др.]. М.: Совет. наука, 1948. 737 с.
9. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. М.: КМК, 2010. 495 с.
10. Яшнов В.А. Практикум по гидробиологии. М.: Высш. школа, 1969. 427 с.

11. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение: Пер. с англ. / Н. В. Матвеева. М.: Мир, 1992. 178 с.
12. Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование // Под ред. В.Я. Бергера. Исследования фауны морей. СПб: ЗИНРАН, 2012. Т. 69 (77). 377 с.

## **ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ЭКОСИСТЕМЕ КУТОВОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

*И.В. Петракова, В.Г. Чернова*

Северный отдел Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО», г. Архангельск,  
bazhenova@pinro.ru

В условиях возрастающего техногенного воздействия на гидросферу увеличивается влияния материкового стока. Реки, впадающие в моря, являются основными поставщиками химических компонентов с материка как природного, так и антропогенного происхождения.

Онежский залив расположен в самой южной части Белого моря и находится под значительным влиянием речных стоков, главным образом р. Онега, протяженность которой составляет 416 км при среднем расходе воды 505 м<sup>3</sup>/с. Суммарный сток всех рек в Онежский залив составляет 45 км<sup>3</sup>/год, что приводит к существенному опреснению его вод, при этом значительного понижения солености не происходит из-за большого водообмена между заливом и бассейном Белого моря [1].

Донный рельеф Онежского залива имеет сложное строение: выровненные поверхности, сложенные в основном мелкозернистыми осадками, чередуются с положительными формами рельефа, обусловленными выходами на поверхность коренных пород [2]. Поверхностные донные отложения в целом характеризуются преобладанием хорошо отсортированных мелкозернистых песков с пятнами пелитово – алевритовых отложений. Во внешней части залива осадки представлены в основном песчаными фракциями с включением гравийного и галечного материала. Центральные участки залива покрыты хорошо сортированными песками, а вершина залива – заиленными песками и илстыми осадками. Район представляет собой типичный маргинальный фильтр [3].

В рамках ежегодного мониторинга среды обитания водных биологических ресурсов Белого моря Полярным филиалом ФГБНУ «ВНИРО» в весенне-осенний периоды 2018 г. выполнена съемка кутовой части Онежского залива, включающая в себя определение загрязняющих веществ, таких как нефтепродукты, фенолы, алюминий, тяжелые металлы (Zn, Cd, Cu, Pb) и бенз(а)пирен. Полученные данные позволяют оценить современное состояние поверхностных вод и донных осадков исследуемого района.

Содержание поллютантов в различных объектах исследования определялось следующими методами анализа: флуориметрическим с использованием анализатора «Флуорат-02» при измерении концентраций нефтепродуктов, фенолов, алюминия, атомно-абсорбционным при определении валовой массовой концентрации тяжелых металлов и методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием при определении массовой доли бенз(а)пирена.

Отбор проб воды выполнялся на станциях с поверхностного слоя воды при максимальных уровнях приливо-отливных процессов, донных осадков на литоральных участках вокруг о. Кий (Рис. 1).

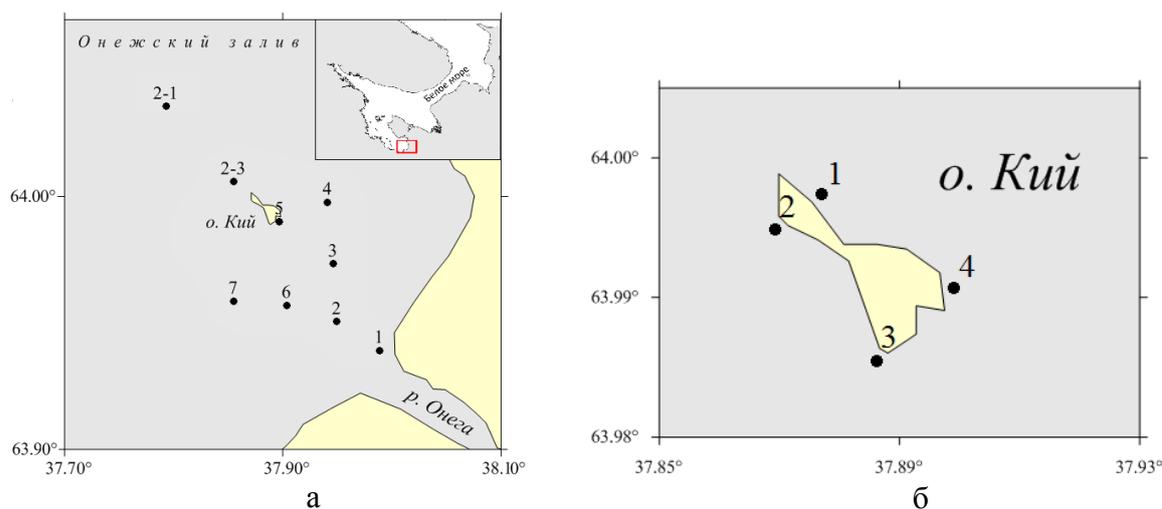


Рис. 1 – Схема расположений станций отбора проб воды (а) и донных осадков (б) в кутовой части Онежского залива Белого моря в 2018 г.

В ходе исследований наблюдались следующие особенности распределения загрязняющих веществ в различные фазы приливо-отливного цикла. Содержание тяжелых металлов и бенз(а)пирена в поверхностном слое воды исследуемого района находилось либо значительно ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) для водоемов рыбохозяйственного значения, либо ниже пределов обнаружения применяемых методов анализа (Табл. 1) [4, 5].

Таблица 1 – Значения предельно-допустимых концентраций (мг/дм<sup>3</sup>) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

Показатель	Cu	Zn	Cd	Pb	Al	Фенолы	НП	Б(а)П
ПДК	0,005	0,05	0,01	0,01	0,04	0,001	0,05	0,00001

Содержание нефтепродуктов в воде находилось в диапазоне 0,012-0,085 мг/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 0,031 мг/дм<sup>3</sup>. Превышение ПДК зафиксировано в единичных пробах на станциях, расположенных в непосредственной близости к району о. Кий в весенний период в фазу малой воды. В целом среднее содержание нефтепродуктов находилось в пределах, не превышающих ПДК.

Содержание фенолов превышало ПДК на всех станциях кутовой части Онежского залива. Диапазон концентраций изменялся от 0,002 до 0,005 мг/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 0,003 мг/дм<sup>3</sup>. При этом минимальные значения отмечены в фазу полной воды в осенний период на взморье р. Онега, максимальные в осенний период в приустьевой зоне в фазу малой воды. Повышенное содержание данного поллютанта может иметь как природное, так и антропогенное происхождение. Природное обусловлено процессами метаболизма водных организмов, биохимическим распадом и трансформацией органических веществ, протекающих в водной среде. Антропогенное связано в основном с выносом загрязняющих веществ в прибрежные воды с речным стоком р. Онега, т.к. в устьевой зоне расположен г. Онега с развитой инфраструктурой, лесопромышленным комплексом и морским портом.

Концентрация алюминия изменялась от аналитического нуля до 0,022 мг/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 0,063 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает ПДК в 1,5 раза. Максимальные показатели алюминия до 5 ПДК отмечены в осенний период в фазу малой и полной

воды на станциях, расположенных в приустьевой зоне р. Онега. Повышенное содержание алюминия в осенний период вероятно связано, с деятельностью ОАО «Северо-Онежский бокситовый рудник», который расположен выше по течению р. Онега. При сравнительном анализе литературных источников [6] нужно отметить, что в районе деятельности бокситного рудника на р. Онега в 2017 г. превышение концентраций алюминия наблюдалось в размере 2–3 ПДК. Вероятнее всего, алюминий, находящийся в растворенной форме, поступает в куттовую часть Онежского залива Белого моря с речными водами р. Онега. На рисунке 2 представлены средние значения концентраций загрязняющих веществ в поверхностном слое воды в куттовой части Онежского залива в 2018 г.

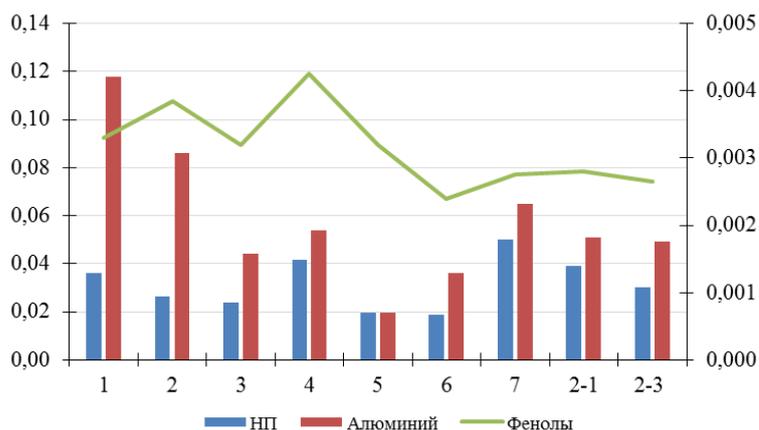


Рис. 2 – Средние значения концентраций загрязняющих веществ (мг/дм<sup>3</sup>) в поверхностном слое воды в куттовой части Онежского залива Белого моря в 2018 г.

Донные осадки являются важнейшим компонентом морских экосистем, и именно в них происходит аккумуляция загрязняющих веществ, являющихся потенциальными источниками вторичного загрязнения. В пробах донных осадков, отобранных в прибрежном районе о. Кий Онежского залива Белого моря в 2018 г., определялось содержание тяжелых металлов, нефтепродуктов и бенз(а)пирена.

Значения концентраций тяжелых металлов в донных осадках изменялись в широких диапазонах: меди от 0,51 до 15,11 мг/кг, цинка от 2,73 до 33,67 мг/кг, кадмия от аналитического нуля до 0,062 мг/кг, свинца от аналитического нуля до 67,57 мг/кг, при средних значениях 5,21; 12,67; 0,021 и 10,12 мг/кг на сухую массу соответственно.

Разброс значений концентраций объясняется гранулометрическим составом донных осадков, представленных в прибрежном районе о. Кий в основном в виде мелкозернистого песка и только на южной части острова – в виде илистых фракций. Наиболее высокие показатели загрязняющих веществ отмечены на станциях с аккумуляцией донных осадков тонкодисперсных фракций, а также на станции, находящейся в непосредственной близости от причала.

Содержание нефтепродуктов в донных осадках изменялось от аналитического нуля до 29,79 мг/кг, при среднем значении 9,60 мг/кг, бенз(а)пирена от аналитического нуля до 0,016 мг/кг, причем, значимые концентрации бенз(а)пирена отмечались на станции расположенной в непосредственной близости от причала во все периоды исследования.

Рассматривая межсезонную изменчивость концентраций загрязняющих веществ в донных осадках, прослеживается увеличение содержания нефтепродуктов и свинца в осенний период, очевидно связанное с интенсивной туристической, хозяйственно-бытовой деятельностью и ростом судоходства в летний период (Рис. 3).

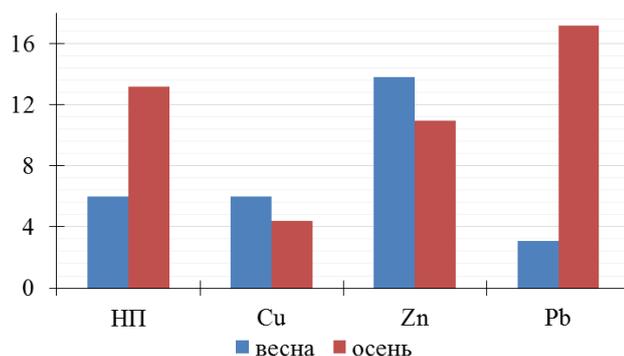


Рис. 3 – Средние значения концентраций (мг/кг сухой массы) загрязняющих веществ в донных осадках в прибрежном районе о. Кий Онежского залива Белого моря в весенний и осенний периоды 2018 г.

По содержанию меди, цинка и кадмия наблюдается незначительное снижение показателей в осенний период. Данные микроэлементы участвуют в биохимических процессах морских организмов. В теплое время года в наибольшей степени повышается интенсивность процессов биохимической трансформации и деградации органических веществ, в том числе многих микроэлементов. В результате происходят процессы самоочищения морской среды и, как следствие, снижение концентрации поллютантов за летний период.

Следует отметить, что в России в настоящее время не существует нормативных документов для оценки качества морских донных осадков по уровню концентрации загрязняющих веществ. В этой связи оценка степени загрязнения донных осадков выполнялась на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ критериям экологической оценки загрязненности грунтов по голландским нормативам – «голландские листы» [7]. В Таблице 2 представлено сравнение средних значений концентраций загрязняющих веществ в донных осадках кутовой части Онежского залива Белого моря с голландскими нормативами.

Таблица 2 – Сравнение средних значений концентраций загрязняющих веществ в донных осадках кутовой части Онежского залива Белого моря в 2018 г. с голландскими нормативами

Показатель	Наименование загрязняющего вещества, мкг/г					Б(а)П, нг/г
	Zn	Cu	Pb	Cd	НП	
Допустимая концентрация	140	35	85	0,8	50	25
о. Кий	12,4	5,2	10,1	0,02	9,6	<5,0

Анализируя данные Таблицы 2, видно, что средние значения концентраций загрязняющих веществ в донных осадках кутовой части Онежского залива Белого моря в 2018 г. значительно ниже допустимых концентраций, представленных в «голландских листах».

Полученные результаты исследований показали, что в целом экосистема кутовой части Онежского залива Белого моря сохраняет относительно низкий уровень антропогенного загрязнения, за исключением импактных участков. Сверхнормативные содержания загрязняющих веществ имели локальный характер и наблюдались чаще всего в районе с наиболее интенсивной хозяйственной деятельностью и участков портовой инфраструктуры, включая устьевую область р. Онега и туристическую зону о. Кий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч. 1 / Под ред. О. А. Скарлато. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1995. 249 с.
2. Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.
3. Лисицын А.П. Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения – опыт двухлетних исследований на Белом море // Актуальные проблемы океанологии / Гл. ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2003. С. 503-556.
4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 12.10.2018 г.): приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 г. № 552 // Министерство юстиции РФ. 2016 г. № 45203. М., 2016. 128 с.
5. ГН 2.1.5.2280-07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения 1 к ГН 2.1.5.1315-03. М., 2007. 11 с.
6. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2017 / Под ред. Коршенко А.Н. М.: Наука, 2018. 220 с.
7. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001, RIZA report 2002.009. Lelystad, 2002. 77 p. (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95).

## РАЗНООБРАЗИЕ ФОРМ И РОСТ *PINUS SYLVESTRIS* L. В КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Пинаевская, С.Н. Тарханов

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, eapinaevskaya@yandex.ru

Сосна (*Pinus sylvestris* L.) является основным лесообразующим видом на Европейском Севере России, занимает обширные ареалы и обладает генетическим полиморфизмом [1]. У сосны выделяются морфы по форме ствола и кроны, строению корки, длине и окраске хвои, качеству древесины, окраске шишек, семян, пыльников, строению шишек.

Сосняки на болотных верховых почвах в Архангельской области занимают до 1/3 территории и выполняют биосферную функцию в поддержании природных процессов [2]. В пессимальных условиях сфагновые сосняки являются объектами при изучении закономерностей формирования прироста древесины в связи с изменениями окружающей среды [3, 4].

Установлена частота встречаемости некоторых альтернативных морфологических форм сосны в кустарничково-сфагновых сосновых лесах разных ценопопуляций Архангельской области (Мезенский район – 3 пробные площади (ПП); Онежский район – 2 ПП; Приморский район – 3 ПП; Пинежский район – 2 ПП; Шенкурский район – 4 ПП и Котласский район – 2 ПП). Выявлено, что узкокронная форма доминирует по численности в ценопопуляциях Онежского, Приморского и Пинежского районов (65–75 %), а ширококронная – в ценопопуляциях Мезенского, Шенкурского и Котласского районов (61–75 %). Доля «болотной» сосны в разных ценопопуляциях составляет 17–37 %. «Обычная» форма доминирует по численности (63–83 %). Изучение формовой структуры

сосны по типу апофиза семенных чешуй шишек показало доминирование по численности деревьев с «выпуклым» типом апофиза (60–80 %). По цвету семян установлена большая частота встречаемости сосны с темноокрашенными семенами (79–80 %) в ценопопуляциях Онежского и Приморского районов.

У форм сосны, выделенных по типу апофиза семенных чешуй шишек (*f. gibba* Christ – «выпуклый» тип (апофизы в виде пирамидок), *f. plana* Christ «плоский» тип (апофиза гладкие)) [5], определены морфометрические показатели, отобраны керны древесины и проведен дендрохронологический анализ. Тип апофиза семенных чешуй шишек широко используется в диагностике и селекции разновидностей (форм) сосны обыкновенной [6]. Установлено, что сосна с «выпуклым» типом апофиза достоверно превосходит сосну с «плоским» типом по высоте ствола в ценопопуляциях Мезенского ( $t = 2,16; t_{0,05} = 2,00$ ), Онежского ( $t = 5,03; t_{0,001} = 3,42$ ), Приморского ( $t = 5,85; t_{0,001} = 3,39$ ), Шенкурского ( $t = 2,14; t_{0,05} = 1,98$ ) и Котласского ( $t = 4,93; t_{0,001} = 3,46$ ) районов. Сосна с «выпуклым» типом имеет больший диаметр ствола (Онежский район:  $t = 5,02; t_{0,001} = 3,42$ , Приморский район:  $t = 4,15; t_{0,001} = 3,39$ , и Котласский район:  $t = 4,69; t_{0,001} = 3,46$ ), протяженность (Онежский район:  $t = 4,41; t_{0,001} = 3,42$ , Приморский район:  $t = 6,02; t_{0,001} = 3,39$ , Шенкурский район:  $t = 2,49; t_{0,05} = 1,98$  и Котласский район:  $t = 4,05; t_{0,001} = 3,46$ ) и диаметр (Онежский район:  $t = 4,03; t_{0,001} = 3,42$ , Приморский район:  $t = 2,29; t_{0,05} = 1,98$  и Котласский район:  $t = 3,03; t_{0,05} = 2,00$ ) кроны (Табл. 1).

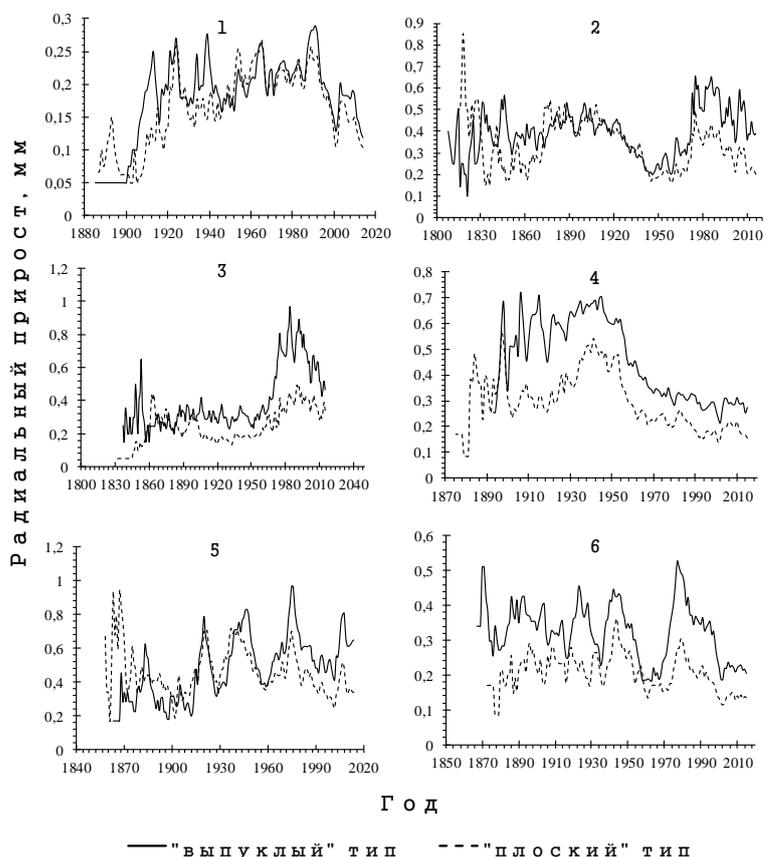
Таблица 1 – Морфоструктурные показатели ствола и кроны у форм сосны по типу апофиза семенных чешуй разных ценопопуляций

Показатели		Ценопопуляции											
		Мезенского района $n = 32$		Онежского района $n = 40$		Приморского района $n = 52$		Пинежского района $n = 40$		Шенкурского района $n = 60$		Котласского района $n = 36$	
		«выпуклый»	«плоский»	«выпуклый»	«плоский»	«выпуклый»	«плоский»	«выпуклый»	«плоский»	«выпуклый»	«плоский»	«выпуклый»	«плоский»
Н, м	$\bar{x}$	6,2	5,6	7,1	5,5	6,2	4,4	6,0	5,7	6,4	5,7	6,0	4,5
	$s_{\bar{x}}$	0,21	0,18	0,19	0,25	0,25	0,18	0,13	0,12	0,25	0,21	0,19	0,24
	min	4,0	3,5	5,0	3,0	2,6	2,1	4,6	4,2	3,2	2,7	3,5	2,5
	max	9,0	7,8	10,0	10,0	9,6	8,0	7,6	8,0	11,5	9,0	8,2	7,5
d, см	$\bar{x}$	14,4	14,1	11,4	9,5	10,3	9,1	9,2	8,9	12,3	11,6	9,7	8,4
	$s_{\bar{x}}$	0,31	0,29	0,27	0,29	0,18	0,24	0,16	0,14	0,41	0,41	0,15	0,23
	min	10,0	11,5	9,0	6,0	7,0	6,0	8,0	6,0	7,0	5,0	8,0	6,0
	max	17,5	19,0	18,0	14,0	15,0	13,0	12,0	10,5	18,0	17,0	11,0	11,0
Lк, м	$\bar{x}$	4,0	3,5	4,1	2,9	4,1	2,5	2,8	2,7	3,1	2,6	3,1	2,2
	$s_{\bar{x}}$	0,16	0,21	0,18	0,21	0,20	0,15	0,13	0,13	0,19	0,14	0,13	0,20
	min	2,2	1,6	2,2	1,0	0,7	0,5	0,6	0,6	0,9	0,4	1,4	0,4
	max	6,2	6,0	7,0	7,2	6,7	5,5	4,8	4,6	7,9	5,1	5,0	5,1
Dк, м	$\bar{x}$	2,5	2,4	3,0	2,7	2,8	2,6	2,8	2,7	2,7	2,6	3,1	2,8
	$s_{\bar{x}}$	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07
	min	1,8	1,6	2,4	2,1	1,8	1,9	2,2	1,4	1,9	1,8	2,4	1,6
	max	3,6	3,2	4,0	3,6	3,9	3,6	3,5	3,6	4,5	4,0	4,0	3,7
РП, мм	$\bar{x}$	0,23	0,21	0,45	0,34	0,64	0,32	0,43	0,30	0,63	0,49	0,33	0,22
	$s_{\bar{x}}$	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02
	min	0,07	0,06	0,25	0,19	0,20	0,14	0,25	0,14	0,19	0,18	0,22	0,10
	max	0,48	0,49	1,26	0,84	1,60	0,88	0,93	0,56	1,45	0,98	0,59	0,56

Примечание. Н – высота дерева; d – диаметр ствола на высоте 1,3 м; Lк – протяженность кроны; Dк – диаметр кроны; РП – радиальный прирост;  $n$  – число деревьев в выборках каждой формы;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение;  $s_{\bar{x}}$  – ошибка среднего арифметического; min и max – минимальное и максимальные значения.

Средние значения радиального прироста у сосны с «плоским» типом апофиза ниже, чем у формы с «выпуклым» типом (Мезенский район:  $t = 0,77$ ;  $t < t_{0,05}$ , Онежский район:  $t = 2,86$ ;  $t_{0,01} = 2,64$ , Приморский район:  $t = 6,40$ ;  $t_{0,001} = 3,39$ , Пинежский район  $t = 5,63$ ;  $t_{0,001} = 3,42$ , Шенкурский район:  $t = 3,03$ ;  $t_{0,01} = 2,62$  и Котласский район:  $t = 5,10$ ;  $t_{0,001} = 3,42$ ) (Табл. 1).

В возрасте 30–60 и 120–130 лет радиальный прирост у сосны с «выпуклым» типом больше по сравнению с «плоским» типом в ценопопуляциях Мезенского района (Рис. 1(1)). В ценопопуляциях Онежского района по величине радиального прироста доминирует сосна с «плоским» типом в возрасте до 20 лет, а в возрасте с 20 и более 130 лет явное преимущество в росте имеет сосна с «выпуклым» типом (Рис. 1(2)). Для временного ряда ценопопуляций Приморского района в возрасте до 20 и с 70 – 80 лет наблюдается доминирование сосны с «выпуклым» типом по сравнению с «плоским» типом (Рис. 1(3)). В ценопопуляциях Пинежского и Котласского районов сосна с «выпуклым» типом имеет большие значения радиального прироста на всем временном ряду по сравнению с «плоским» типом (Рис. 1(4), 1(6)). Для ценопопуляций Шенкурского района установлено, что в возрасте до 20 лет сосна с «плоским» типом имеет более высокие значения радиального прироста, а в возрасте 110 лет и старше – сосна с «выпуклым» типом (Рис. 1(5)).



(1 – Мезенский; 2 – Онежский; 3 – Приморский; 4 – Пинежский; 5 – Шенкурский; 6 – Котласский районы)

Рис. 1 – Радиальный прирост у форм сосны по типу апофиза семенных чешуй шишек разных ценопопуляций

Сфагновые сосновые леса на территории Архангельской области имеют большое экологическое и хозяйственное значение. Данные о разнообразии форм и росте сосны обыкновенной позволяют получить представление о структуре и изменчивости лесных сообществ на севере Европейской части России.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФИЦКИА РАН (проект № 0409-2019-0039; № ГР АААА-А18-118011690221-0).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hamrick J.L., Linhart T.S., Mitton J.B. Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants // *Annual Review of Ecological Systems*. 1979. No. 10. P. 173-200.
2. Вомперский С.Э., Сириг А.А., Сальников А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России // *Лесоведение*. 2011. № 5. С. 3-11.
3. Ваганов Е.А., Качаев А.В. Дендроклиматический анализ роста сосны в лесоболотных фитоценозах Томской области // *Лесоведение*. 1992. № 6. С. 3-10.
4. Linderholm H.M., Moberg A., Grudd H. Peatland pines as climate indicators? A regional comparison of the climatic influence on scots pine growth in Sweden // *Canadian Journal of Forest Research*. 2002. Vol. 32. No. 4. P. 1400-1410.
5. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 194 с.
6. Селекция лесных пород: монография / П.И. Молотков, И.Н. Патлай, Н.И. Давыдова и др. М.: Лесная промышленность, 1982. 223 с.

#### ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

*Е.В. Полякова, Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, А.Л. Минеев*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, lenpo26@yandex.ru

Авторами показана возможность применения геоморфометрического анализа цифровой модели рельефа для геоэкологических исследований северных территорий Российской Федерации.

Рельеф определяет ход и направленность процессов, протекающих в приповерхностном слое планеты. Поступление в каждую точку пространства влаги и солнечной энергии, их распределение регулируется такими параметрами рельефа, как наклон и экспозиция склонов. Зоны возможного накопления и смыва загрязняющих веществ определяют такие параметры рельефа, как кривизна, плотность бессточных впадин, индекс влажности и другие. Рельеф, как результат взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, выступает индикатором геологического строения территории. В этой связи информация о рельефе широко применяется в науках о Земле, инженерных изысканиях, проектировании и строительстве [1–2].

С развитием космических и компьютерных технологий цифровое моделирование рельефа оформилось в самостоятельную научную дисциплину – геоморфометрию, изучающую количественное моделирование и анализ рельефа дневной поверхности, а также взаимосвязи между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем [1].

Разработанный авторами алгоритм проведения геоэкологических исследований с помощью цифрового моделирования рельефа северных территорий Российской Федерации показан на Рисунке 1.

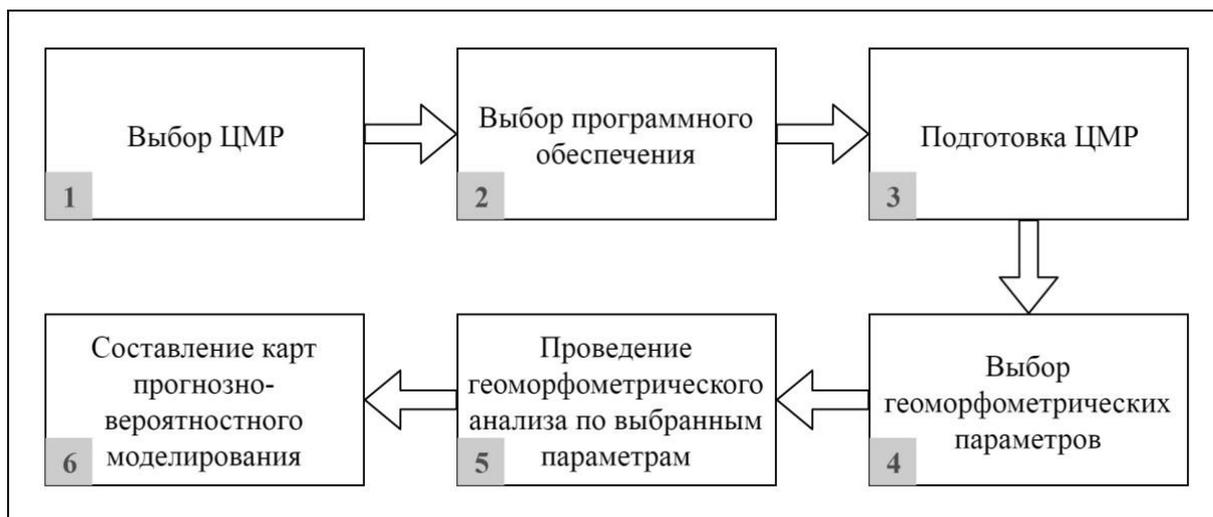


Рис. 1 – Алгоритм проведения геоэкологических исследований с помощью цифрового моделирования рельефа северных территорий

Шаг 1. Под цифровой моделью рельефа (ЦМР) понимают растровое представление какой-либо непрерывной поверхности (в частном случае, поверхности Земли). Выбор ЦМР для исследований основывается, в первую очередь, на таких параметрах как доступность, пространственное разрешение и охват территории (таблица 1).

Модели высокого разрешения – это коммерческие (платные) продукты, доступные не всем пользователям. Цифровые модели рельефа, находящиеся в открытом доступе, могут подходить под задачи исследований по пространственному разрешению, но не покрывать всю исследуемую территорию. Так, SRTM не содержит данных для северных территорий Российской Федерации. Поэтому, для северных регионов страны лучше всего подходит ASTER GDEM v2.

Таблица 1 – Обзор цифровых моделей рельефа, находящихся в открытом доступе

ЦМР	Пространственное разрешение (метры)	Охват территории Земли
GTOPO30	~900	от 90° с.ш. до 90° ю.ш.
GLOBE	~900	от 90° с.ш. до 90° ю.ш.
ETOPO 2	~900	от 90° с.ш. до 90° ю.ш.
GMTED2010	~225	от 84° с.ш. до 56° ю.ш.
SRTM 3	~90	от 60° с.ш. до 56° ю.ш. (80% поверхности земного шара)
ACE2	~90	от 90° с.ш. до 90° ю.ш., и от 180° в.д. до 180° з.д.
SRTM 1	~30	от 60° с.ш. до 56° ю.ш. (80% поверхности земного шара)
ASTER GDEM v2	~30	от 83° с.ш. до 83° ю.ш. (99% поверхности земного шара)
ArcticDEM	~2	вся арктическая часть Земли (севернее 60° с.ш.)

Шаг 2. Программных продуктов, предназначенных для проведения геоморфометрического анализа рельефа, достаточно много. Они обладают схожим набором возможностей, но одни программные продукты направлены на решение каких-то определенных задач, например, расчет характеристик рельефа в SAGA GIS, а другие направлены на решение универсальных задач (ESRI ArcGIS). Зачастую, выбор геоинформационной системы основывается, в первую очередь, на ее доступности. Для

геоморфометрического анализа рельефа наиболее популярны такие, находящиеся в свободном доступе, программные продукты, как SAGA GIS, GRASS, QGIS, gvSIG. Среди коммерческих продуктов – это ESRI ArcGIS, MapInfo Professional. Для проведения геоморфометрического анализа оптимально подходит SAGA GIS, поскольку обладает расширенной линейкой инструментов расчета геоморфометрических параметров.

Шаг 3. Глобальные ЦМР имеют наличие таких артефактов, как резкие понижения (впадины) и повышения (пики), которые нужно устранять перед началом работы с моделью. При разработке ASTER GDEM v2 на территорию России большинство артефактов были удалены разработчиками, но на их месте образовались пустоты – области отсутствующих данных. Пустоты можно заполнять данными других моделей, например GMTED2010. Подробно методика подготовки ЦМР Архангельской области описана в [3–4].

Шаг 4. Существуют различные классификации геоморфометрических параметров. И.В. Флоринский и П.А. Шарый [5-6] выделяют четыре основные группы морфометрических величин: локальные, нелокальные, солярные и комбинированные. По методике характеристики рельефа Дж. Вуда [7] вся поверхность классифицируется в 6 морфометрических типов: плоские поверхности (Plane), впадины (Pit), каналы (Channel), проходы (перевалы) (Pass (saddle)), хребты (Ridge), пики (Peak). В данном случае для исследования северных территорий выбран программный комплекс SAGA GIS, модули анализа рельефа в котором согласуются с классификацией геоморфометрических параметров, приведенной в статье [8]. Выделяется 4 группы параметров:

1) Геометрические – группа параметров, описывающих морфологические особенности территории, определяющие скорость и интенсивность потоков вещества и энергии, динамику склоновых процессов. К этой группе относятся угол наклона, экспозиция склона, различные виды кривизн земной поверхности.

2) Гидрологические – группа параметров, используемая для оценки поверхностного стока, степени увлажнения почвы и перемещения обломочного материала, зон потенциального затопления и т.д. Сюда относятся направление стока, общая и удельная водосборные площади, топографический индекс влажности, показатели площадной и линейной эрозии, индекс баланса геомасс.

3) Топографо-микrokлиматические – данная группа параметров характеризует влияние земной поверхности на особенности распределения солнечной радиации, температурного поля и воздействия ветра. К данной группе относятся общая, потенциальная и фотосинтетически активная солнечная радиация, эффект воздействия ветра и др.

4) Параметры вертикальной дифференциации природной среды. Применяются для количественной оценки неоднородностей рельефа. Сюда относятся индекс расчлененности рельефа, глубина речной долины и т.п.

Выбор параметров должен определяться поставленными для решения задачами.

Шаг 5. Геоморфометрический анализ проводится по выбранным параметрам или группам параметров с использованием программного обеспечения (в данном случае SAGA GIS). В результате формируется комплект монофакторных карт геоморфометрических параметров (Рис. 2).

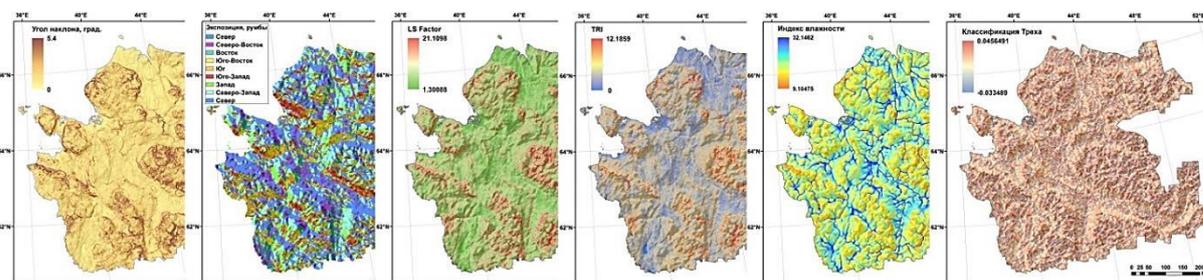


Рис. 2 – Комплект монофакторных карт геоморфометрических параметров

Такие карты позволяют оценить пространственное положение и количественные характеристики процессов эрозии и аккумуляции на различных участках исследуемой территории. Однако, делать выводы о возможности проявления опасных процессов, используя значения только одного показателя, довольно затруднительно. Корректнее использовать совокупность параметров, и проводить вероятностное моделирование проявления экзогенных геологических процессов.

Шаг 6. Карты прогнозно-вероятностного моделирования составляются для оценки вероятности проявления тех или иных опасных экзогенных процессов. Их составление основывается на совокупности нескольких параметров, отвечающих за проявление одного процесса или ряда связанных процессов. Так, например, сочетание кластерных значений угла наклона, LS-фактора и индекса расчлененности рельефа позволяют выделить зоны максимальной вероятности проявления эрозионных процессов, зоны транзита и аккумуляции осадочного материала. Для выделения территорий, склонных к подтоплению во время паводков и склонных к заболачиванию, помимо трех перечисленных параметров, следует использовать кластеры индекса влажности [9].

Для выявления локальных участков, предрасположенных к аккумуляции загрязняющих веществ, необходимо использовать сочетание кривизн (классификация Треха). Естественно, простое сопоставление карт не дает возможности прямого выделения подобных зон. Сначала проводится кластерный анализ по каждому параметру, чтобы сгруппировать значения в группы. Далее проводится операция генерализации с целью объединения прерывистых и раздробленных контуров.

Геоморфометрический анализ рельефа может применяться не только в геоэкологических, но и в структурно-геологических исследованиях, поскольку, при сравнительно малых затратах, дает возможность выделять древние геологические структуры.

Интенсивное хозяйственное освоение территорий часто приводит к активизации природных процессов или развитию новых опасных явлений, которые ранее отсутствовали. Осуществление всех видов деятельности, обеспечивающих недропользование в северных регионах РФ, включая геологоразведочные, проектно-изыскательские, строительные, эксплуатационные работы, сталкивается с серьезными трудностями в плане почти полного отсутствия актуальной, точной геопространственной информации об опасных процессах и явлениях. Геоморфометрические параметры рельефа могут выступать в качестве источника для прогнозирования целого ряда экзогенных процессов (эрозионных, деструктивных, аккумулятивных и пр.), позволяют оценивать вероятность и интенсивность их развития. Получение такой информации крайне необходимо для обеспечения промышленной и экологической безопасности в процессе освоения и эксплуатации месторождений, развития инфраструктуры, строительстве дорог и других видов хозяйственной деятельности человека.

Таким образом, геоморфометрический подход является неотъемлемой частью современных геоэкологических исследований в силу доступности исходного материала, объективности количественных методов расчета и способности охвата больших территорий одновременно.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН «Изучение межгеосферных процессов в районах тектонических структур и узлов их пересечений в геологических условиях древних платформ на примере Архангельской области» (№ АААА-А18-118012390305-7) и при финансовой поддержке РФФИ-Арктика (проект № 18-05-60024).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа: дисс... д-ра техн. наук. Пушино, 2010. 267 с.

2. Pike R.J. A bibliography of terrain modeling (geomorphometry), the quantitative representation of topography, Suppl. 4.0. Open-file Rep. 02-465. Menlo Park: USGS, 2002. 157 p.
3. ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results / Tachikawa T. [et al.]. August 31, 2011. [http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary\\_GDEM2\\_validation\\_report\\_final.pdf](http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf). (дата обращения 05.01.2018).
4. Подготовка цифровой модели рельефа для исследования экзогенных процессов северных территорий Российской Федерации / А.Л. Минеев [и др.] // Пространство и Время. 2015. № 3(21). С. 278-291. [https://space-time.ru/space-time/article/view/2226-7271prov\\_r\\_st3-21.2015.83](https://space-time.ru/space-time/article/view/2226-7271prov_r_st3-21.2015.83). (дата обращения 05.01.2018).
5. Флоринский И.В. Иллюстрированное введение в геоморфометрию / И.В. Флоринский // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. Т. 11. Вып. 1: Система планета Земля [Электронный ресурс]. [http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/2227-9490e-aprov\\_r\\_e-ast11-1.2016.71.php](http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/2227-9490e-aprov_r_e-ast11-1.2016.71.php). (дата обращения 05.01.2018).
6. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. Fundamental Quantitative Methods of Land Surface Analysis // *Geoderma*. 2002. Vol. 107(1-2). P. 1-32. DOI 10.1016/S0016-7061(01)00136-7.
7. Wood J.D. The geomorphological characterisation of digital elevation models. Ph.D. Thesis. Leicester: Univ. Leicester, 1996. 193 p.
8. Глотов А.А. Использование ЦМР для эффективного управления природопользованием / А.А. Глотов // *Геоматика*. 2013. № 4. С. 32-36.
9. Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л., Чистова З.Б. Цифровое моделирование рельефа в оценке вероятности развития эрозионных процессов в северных регионах страны // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. Т. 16. № 1. С. 95-104. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-95-104>

## **АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АКВАТОРИЮ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ**

*А.А. Полярский, М.В. Никитина*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, [aleks95@idknet.com](mailto:aleks95@idknet.com)

Соловецкий историко-культурный комплекс включен в список мирового культурного и природного наследия ЮНЕСКО, что является дополнительным фактором привлекательности, значительно увеличивающий количество посетителей. Сегодня Соловецкий архипелаг подвержен значительной антропогенной нагрузке. Усугубляют геоэкологическую обстановку такие факторы, как низкая ограниченная демографическая ёмкость территории, сезонное резкое увеличение количества туристов, растущее количество автотранспорта, работа аэропорта, а также судоходство. Результатом этого являются следующие экологические нарушения: накопление бытовых отходов, а также их попадание в море, разрастание дорожно-тропиночной сети в природных ландшафтах, вытаптывание растительности, распугивание диких животных, снижение биологического разнообразия экосистем. Отсутствие асфальтированных дорог приводит к запылению воздушной среды, жилых построек, природных территорий, памятников вдоль дорог. Бензиновыми и дизельными двигателями от автомобилей и электростанции, аэропортом загрязняются водная, наземно-воздушная, и почвенная среды. Водная среда также загрязняется

коммунальными стоками, т.к. в посёлке отсутствуют очистные сооружения [1]. В связи с этим, целью исследовательской работы является выявление основных источников антропогенного воздействия на акваторию Соловецких островов.

Ежегодно Соловецкие острова посещает большое количество туристов и паломников. Туры и экскурсии организуются Соловецким музеем-заповедником, паломнической службой монастыря, а также сторонними организациями. По данным Соловецкого музея-заповедника в 2017 и 2018 году число посетителей (через экскурсионное обслуживание) составило порядка 18 тысяч человек, а количество посещений в среднем 62 тысячи. Если принять во внимание данные других организаций, также предоставляющих экскурсионное обслуживание, а также на острова приезжают люди так называемым «дикарём», то о реальных цифрах посетителей можно только догадываться.

На Соловецкие острова можно попасть либо путём авиасообщения, либо судоходным транспортом. Существуют три основных морских пути: от Архангельска вдоль береговой линии (время в пути составляет до 24 часов), на теплоходе из Беломорска, а также, пожалуй, самым популярным способом – через город Кемь из пос. Рабочеостровск, откуда идёт наибольшее количество рейсов и теплоходов (Рис. 1).

Чтобы понять влияние судоходного транспорта, необходимо определить основные направления загрязнения окружающей среды судами: при их эксплуатации возникает загрязнение мусором, сточными водами, нефтепродуктами в случае аварийных разливов и т.д. Также вред окружающей среде несут шумовое загрязнение, отработанные газы двигателей с судов, в которых содержатся компоненты неполного сгорания топлива, сброс балластных вод, и возможное столкновение с млекопитающими [2].

Помимо морского сообщения Соловецких островов с материком, непосредственно с самого острова Большой Соловецкий существуют и другие судоходные маршруты, связывающие между собой ключевые острова архипелага, такие как о. Большой Соловецкий, Заяцкие острова, о. Большая и Малая Муксалма, а также о. Анзерский (Рис. 1).

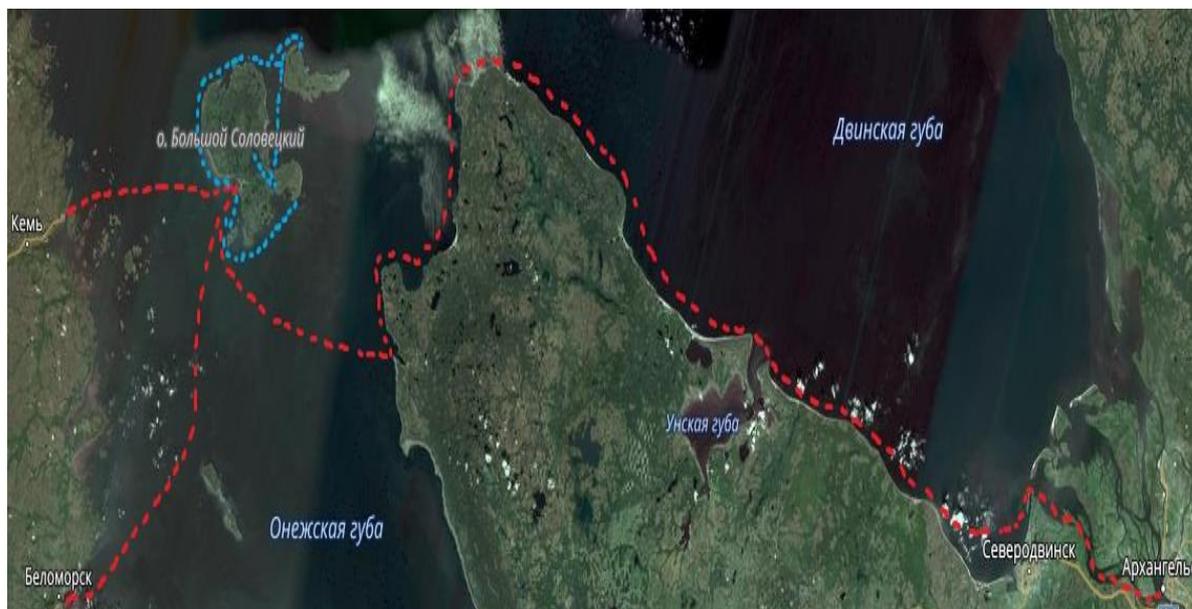


Рис. 1 – Карта-схема движения водного транспорта к Соловецкому архипелагу

Далее были определены наиболее подверженные антропогенному воздействию участки акватории Соловецких островов (Рис. 2). Каждая из обозначенных точек, за исключением мыса Белужьего, который расположен у западных берегов о. Большой Соловецкий, имеет причал или пристань, или является стоянкой судов. Наибольшему

загрязнению акватории подвержена зона посёлка Соловецкий, где расположены 3 грузо-пассажирских причала и 1 разгрузочный терминал, а также стоянка судов в районе Школьной губы к югу от пос. Соловецкий. Также в этом районе производится слив коммунальных стоков без прохождения очистки, так как на острове отсутствуют очистные сооружения. В лаборатории биогеохимических исследований САФУ был проведен анализ сточных вод, которые поступают в бухту Благополучия. В месте пробоотбора наблюдаются превышение ПДК по взвешенным веществам (в 44 раза), ионов аммония (в 184 раза), фосфат-ионов (в 112 раз), анионных поверхностно-активных веществ (в 19 раз), нефтепродуктов (в 182 раза). Наблюдается превышение таких показателей как ХПК (в 23 раза), БПК (160 ПДК) [3].

Вышеупомянутая точка на мысе Белужьем занимает особое место в природе Соловецкого архипелага. Здесь располагается крупнейшая репродуктивная «стоянка» белух. Климатические условия у берегов Соловецкого архипелага в летнее время обеспечивают комфортные условия для обитания, рождения, выкармливания детенышей и передачи опыта старых особей молодым. Нарушение данного цикла будет являться критическим для белух, которые занесены в Красный список Международного Союза Охраны Природы. Негативным фактором на данном участке является наличие морского пути, связывающим пос. Соловецкий и о. Анзерский [4].

Еще одним негативным фактором, загрязняющим водную среду, являются разливы нефтепродуктов. Так, в 2016 году в районе Тамариного причала (точка на Рисунке 2) произошел разлив дизельного топлива вследствие обрыва шланга для перекачки горючего. По неподтвержденным данным разница на счётчиках танкера с горючим и приёмщиком топлива – Дизельной электростанции составила 13 тонн. Из-за шторма дизельное топливо распространилось и до Школьной губы [5].

В июне 2017 года произошел разлив топлива у причала на о. Малая Муксалма вследствие халатности работников Архангельского опытного водорослевого комбината [5].



Рис. 2 – Карта-схема критических точек Соловецкого архипелага

Соловецкий архипелаг имеет огромный рекреационный потенциал, который может быть задействован за счёт увеличения рекреационной зоны и продолжительности сезона туризма. Одним из путей решения проблем архипелага может быть изменение его охранно-правового статуса, введение некоторых ограничений с учётом всех аспектов целостной среды островов. Строительство очистных сооружений, экологическое просвещение, облагораживание территорий, предотвращение разливов нефтепродуктов и их последствий помогут минимизировать экологические риски.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игловский С.А. Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря // Материалы IX международной конференции 11-14 октября 2004 г. Петрозаводск, 2005. С. 136-140.
2. Картамышева Е.С., Иванченко Д.С., Бекетова Е.А. Судно как источник загрязнения окружающей среды // Молодой ученый. 2018. № 25. С. 12-15.
3. Макурина К.А., Попова Л.Ф., Анализ коммунально - бытовых сточных вод поселка Соловецкий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36594068> (Дата обращения: 20.05.2019)
4. Фокина Т. Белухи в акватории Соловков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.solovki-land.ru/eks/beluhivakvat144.html> (Дата обращения: 20.05.2019)
5. Загрязнение нефтепродуктами побережья и моря у Соловков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.solovki.ca/danger/ecology\\_solovki.php](http://www.solovki.ca/danger/ecology_solovki.php) (Дата обращения: 20.05.2019)

#### **МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К ПРИРОДНЫМ ФАКТОРАМ АРКТИКИ**

*Л.В. Поскотнинова, Д.Б. Дёмин, Е.В. Кривоногова, О.В. Кривоногова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [liliya200572@mail.ru](mailto:liliya200572@mail.ru)

В условиях Арктической зоны РФ формируется особый электромагнитный фон, волновая структура магнитных вариаций обуславливает формирование полярных суббурь в высоких широтах [1]. Многообразие электромагнитных явлений во всех слоях околоземного пространства в Арктике обуславливает также наличие широкого диапазона индивидуальных адаптивных реакций физиологических систем человека [2]. Это обуславливает поиск методологии индивидуального прогноза уровня адаптации к вариациям магнитного поля Земли с учетом исходного физиологического состояния человека. Проблема сохранения температуры тела у людей, работающих на открытом холодном воздухе в Арктике, также остается актуальной. Общее охлаждение организма человека может обуславливать различные соотношения активности нейрофизиологических механизмов, симпатической и парасимпатической регуляции сердечного ритма и сосудистого тонуса [3]. При этом происходит поддержание температуры ядра тела на фоне сужения сосудов в периферических тканях (кожа, подкожно-жировая клетчатка) и повышения артериального давления. Избыточная реакция перераспределения кровоснабжения в ущерб кровоснабжению периферических тканей может повлечь нарушения микроциркуляции, выраженной активизации воспалительных реакций вплоть до некроза переохлажденных частей тела. Таким

образом, существует проблема разработки методологии, способствующей сохранению температуры тела и минимизации нарушений кровообращения в периферических тканях. Вариабельность сердечного ритма (ВСР) остается актуальным методом определения типа вегетативной регуляции сердечной деятельности, а показатели ВСР выступают как биомаркеры сохранности механизмов саморегуляции у человека в условиях нагрузки [4]. Биоуправление параметрами ВСР с биологической обратной связью (БОС-тренинг) представляет собой метод повышения вагусных резервов вегетативной регуляции сердечного ритма [5], в том числе при коротких сессиях БОС-тренинга и даже при однократном сеансе [6]. При этом происходит активизация барорефлекторной активности, которая обеспечивает оптимальное соотношение ритмов дыхания и сердечных сокращений, способствуя высокой эффективности кровоснабжения рабочих органов при физической нагрузке и в период восстановления. В настоящее время вопрос об использовании методологии биоуправления параметрами вариабельности сердечного ритма с целью минимизации повреждающего действия холода на функции человека нуждается в методологической проработке.

Нами проанализирована степень синхронизации ежеминутных локальных вариаций X, Y, Z-компонент и полного вектора магнитной индукции F геомагнитного поля (ГМП), полученных от Геофизического центра РАН по станции Климовской, и ежеминутных колебаний показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) при 30-минутной регистрации ВСР в состоянии покоя в положении сидя у участников мониторинга. Статистический анализ выполнен совместно с д.б.н. Зенченко Т.А. Предложенный метод определения связи ежеминутных колебаний показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС), ВСР и ГМП по 30-минутной записи синхронизированных по времени данных показателей в состоянии покоя позволяет индивидуально определить степень чувствительности структур нейровегетативной регуляции человека сердечного ритма к локальным вариациям компонент ГМП. Наиболее часто встречается зависимость колебаний ЧСС, ВСР от локальных вариаций ГМП у лиц с измененным сосудистым тонусом (преимущественно у лиц с повышенным артериальным давлением) и с повышенным уровнем симпатической активности. При этом вариации ГМП у них в большей степени связаны с изменением показателей, отражающих вагусную активность. Наличие субъективного мнения человека о связи его состояния с изменением условий погоды имеет обоснование в виде более высокой частоты встречаемости у этих лиц связи показателей компонент локального ГМП и параметров ВСР, отражающих активность симпатического звена регуляции ритма сердца, но преимущественно среди лиц старшей возрастной группы (более 40 лет), у которых более высокий уровень централизации в управлении ритмом сердца (высокий вклад сверхнизкочастотной компоненты в спектре ВСР). Частоты встречаемости зависимости колебаний нейровегетативной регуляции сердечного ритма от локальных вариаций ГМП у лиц в период спокойной геомагнитной обстановки и в период слабозмущенной магнитосферы (Кр-индекс до 4) были статистически одинаковы при предложенном способе оценки индивидуальной магниточувствительности человека. Чувствительность вегетативных структур человека, модулирующих сердечный ритм, к компонентам X, Y, Z или F локального ГМП имеет индивидуальный характер. При индивидуальном анализе направленности (положительная или отрицательная) статистически значимой корреляционной связи показателей ВСР и компонент ГМП для прогноза учитываются те направленности, что обуславливают превышение (пусть и кратковременное в течение времени наблюдения) нормативов вегетативной регуляции сердечного ритма. Преимущественно это состояния, ведущие к повышению симпатической активности и снижению вагусных влияний на ритм сердца.

Выполнено экспериментальное исследование с участием здоровых мужчин в возрасте 18–20 и 45–50 лет с целью определения реактивности показателей сердечно-

сосудистой системы и способности к биоуправлению параметрами variability сердечного ритма в условиях холодной камеры ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) в течение 10 минут. Под влиянием моделируемого кратковременного экспериментального общего охлаждения у взрослых лиц по данным ВСП были выявлены однотипные реакции показателей вегетативной нервной системы в виде повышения барорефлекторной активности и резервов парасимпатического отдела. Такая реакция является адаптивной для минимизации эффекта сужения сосудов и нарушения микроциркуляции периферических тканей. Всеми испытуемыми выполнен сеанс БОС-тренинга с целью увеличения общей мощности variability сердечного ритма в течение 5 минут под визуальным контролем собственного показателя на экране монитора. Проведение однократного обучающего сеанса БОС-тренинга, а затем его воспроизведение в условиях холодного воздействия либо перед вхождением в холодную камеру, способствовало сдерживанию нарастания симпатической активности, вызывающей сужение сосудов кожи и нарушение микроциркуляции. При этом температура кожи у лиц, выполнивших сеанс БОС-тренинга перед вхождением в камеру, в меньшей степени снижалась, чем у лиц группы контроля, не практиковавших БОС-тренинг.

Таким образом, предложенный метод определения связи ежеминутных колебаний показателей ЧСС, ВСП и компонент ГМП (X, Y, Z, F) по 30-минутной записи синхронизированных по времени данных показателей в состоянии покоя позволяет индивидуально определить степень чувствительности структур нейровегетативной регуляции человека сердечного ритма к локальным вариациям компонент ГМП. Проведение сеансов биоуправления параметрами ВСП перед или во время холодного воздействия способствует сдерживанию снижения температуры периферических тканей, сохранению функциональных резервов сердечной деятельности. Данная методология может быть востребована у лиц, работающих в Арктике, с целью профилактики холодных нарушений ритма сердца и кровообращения в открытых участках тела.

*Исследование проведено в ходе выполнения программы ФНИР лаборатории биоритмологии ИФПА ФГБУН ФИЦКИА РАН (№115050610141).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волновая структура магнитных суббурь в полярных широтах / Н.Г. Клейменова, Е.Е. Антонова, О.В. Козырева и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 2012. Т. 52. № 6. С. 785-793.
2. Чувствительность к атмосферным и геомагнитным факторам функциональных показателей организма здоровых мужчин жителей севера России / А.Л. Марков, Т.А. Зенченко, Ю.Г. Солонин, Е.Р. Бойко // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013. Т. 47. № 2. С. 29-32.
3. Autonomic nervous system and adaptation to cold in man / J. Le Blanc, S. Dulac, J. Cote, B. Girard // J Appl Physiol. 1975. Т. 39(2). P.181-186. doi:10.1152/jappl.1975.39.2.181
4. Holzman J.B., Bridgett D.J. Heart rate variability indices as bio-markers of top-down self-regulatory mechanisms: A meta-analytic review. Neuroscience and Behavioral Physiology. 2017. Vol. 74 (Pt A). P. 233-255. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.12.032
5. Lehrer P.M., Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? Front Psychol. 2014. Т.5. P.756. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00756.
6. Demin D.B., Poskotinova L.V. Changes in the spectral characteristics of the electroencephalogram during biocontrol of heart rate variability parameters in healthy subjects. Neuroscience and Behavioral Physiology. 2018. Vol. 48 (8). P. 913-916. doi:10.1007/s11055-018-0649-6

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ КА LANDSAT ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*Пустынный Я.Н.*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [y.pustynnyu@yandex.ru](mailto:y.pustynnyu@yandex.ru)

Снежный покров является надежным индикатором состояния земной атмосферы. Загрязнение снегом городских территорий обусловлено выбросами промышленных и муниципальных предприятий, сжиганием топлива, антиобледенителями, представленными как абразивными материалами, так и химическими реагентами [1]. Наиболее распространенными элементами, содержащимися в избытке в атмосфере большого города, являются железо, хлор, алюминий, цинк, марганец, натрий, бром, ванадий, хром, сурьма, ртуть и др. [2]. Конкретный объем и состав загрязняющих веществ зависит от размера города и преобладающей промышленности.

Тонкая и полутонкая фракция не осаждается в сухой атмосфере, возможно ее распространение на региональном и глобальном уровнях. Крупные частицы концентрируются в нижнем слое тропосферы, переносятся ветром на некоторое расстояние и осаждаются под действием гравитации. Другими способами загрязнения снежного покрова, помимо ветрового переноса и атмосферного осаждения твердых частиц пыли, а также осаждения аэрозольных загрязняющих веществ, могут быть газообмен между снежным покровом и воздухом в поверхностном слое и механическое или химическое загрязнение путем посыпания песком или солью. Таким образом, в снежном покрове накапливается целый ряд загрязняющих веществ, которые после таяния снега попадают в почву, грунт, поверхностные и подземные воды из атмосферы. Вокруг городских агломераций образуются зоны различной степени загрязненности.

На территории Архангельской агломерации, включающей города Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, а также поселки (Уемский, Боброво, Талаги и другие поселки Приморского района Архангельской области, главными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются ТЭЦ (Северодвинские ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, Архангельская ТЭЦ, ТЭЦ Архангельского ЦБК и другие).

Большинство работ, рассматривающих дистанционные методы оценки снежного покрова как показатель уровня аэротехногенного загрязнения, основаны на использовании спутниковых радиометров MODIS, которые характеризуются низким пространственным разрешением (250–1000 м). Это не позволяет получить достаточно подробную информацию для мониторинга снежного покрова в городах. В этом случае наиболее подходящей является миссия Landsat. Здесь пространственным разрешением 30 м и 15 м для панхроматического канала.

Таким образом, имеются предпосылки для использования данных дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) для мониторинга уровня трансформации снежного покрова городских территорий. В этой связи необходимо определить основные принципы и подходы к использованию данных дистанционного зондирования в геоэкологическом мониторинге городских территорий.

В качестве исходного материала для данных дистанционного зондирования используются безоблачные снимки, сделанные спутниками Landsat-5 и Landsat-8 16 февраля 2018 года и 11 февраля 2011 года в снежный период при отсутствии сильных снегопадов за 3–5 дней до съемки. Территория исследования включает центральную часть Приморского района Архангельской области, где расположена Архангельская агломерация. Все необходимые каналы выбранного изображения подвергались радиометрической калибровке и преобразованию значений яркости DN в значения

отражательной способности подстилающей поверхности. Для уменьшения влияния атмосферы и дальнейшего сопоставления разновременных данных применена атмосферная коррекция методом DOS — Dark Object Subtraction, основанная на вычитании тёмного объекта [3].

При создании маски снежного покрова учитываются две группы критериев. Во-первых, в качестве показателя снежного покрова рассчитывается нормализованный индекс снега NDSI. Снежные поверхности имеют  $NDSI > 0,4$ . Для снимков Landsat, вычисление NDSI производится на основе данных с зеленого (Green 0,525–0,6 нм) и среднего инфракрасного (Swir1 1,55–1,66 нм) каналов. Таким образом, для снимков Landsat формула расчёта NDSI приобретает вид:

$$NDSI = \frac{Green - Swir1}{Green + Swir1}$$

где Green и Swir1 — коэффициент отражения в зелёной и средней инфракрасной зонах. Чтобы исключить объекты, не являющиеся снегом, но имеющие  $NDSI > 0,4$  (например, воду), учитываются коэффициенты отражения в ближнем инфракрасном канале  $>0,11$  и зелёном канале  $>0,1$  [4]

Индекс NDSI используется и как критерий оценки качества снежного покрова, так как метеорологические условия по данным архива погоды к моменту получения снимка позволяют говорить о возможности снеготаяния, интенсивность которого находится в прямой зависимости от количества пылевых частиц (Дмитриев, Дмитриев, 2008; Прокачева, Усачев, 1989). В связи с необходимостью получения критериев, отражающих загрязнение снега, в работе используется обратно пропорциональные значения NDSI без нормирования Swir1/Green.

Анализ кривых по снимку Landsat-8 для различных заснеженных поверхностей в пределах г. Северодвинска показал, что отражающая способность снега в видимом диапазоне снижена (Рис. 1).

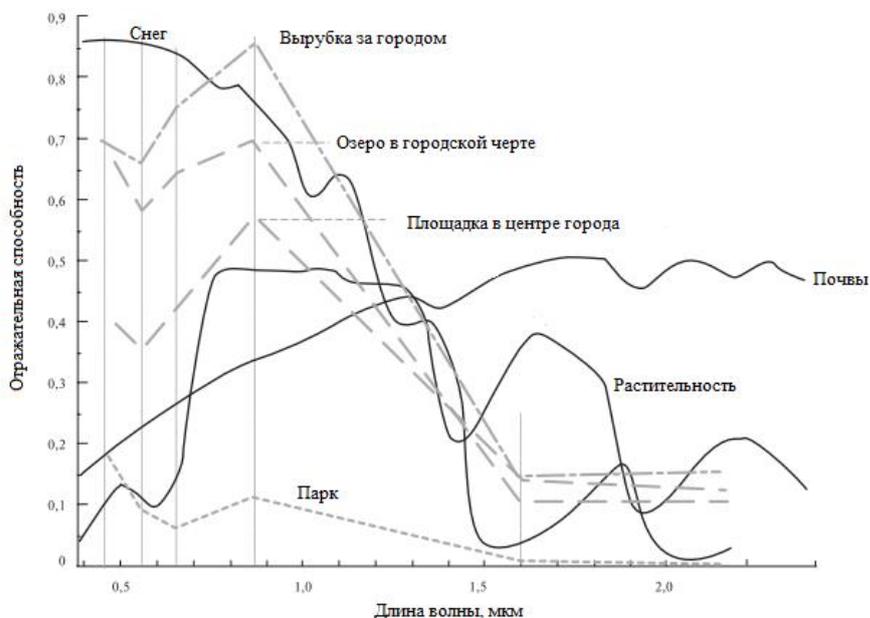


Рис. 1 – Отражательная способность поверхностей

В отличие от чистого снега в зелёном канале наблюдается значимое снижение отражения, что связано с наличием инородных примесей различного характера — пыли, сажи, хвои. Уровень отражения в пределах ближнего инфракрасного диапазона увеличивается с расстоянием от города, максимальные пики отражения приходятся на фоновые территории вдали от техногенного воздействия. Ранее установлено, что

присутствие оксидов железа уменьшает отражательные свойства в видимой части спектра и увеличивает в ближней инфракрасной зоне [5]. Таким образом, отношение ближнего инфракрасного и зелёного каналов также позволяет оценить загрязнение снега.

Для комплексного учёта всех факторов, оказывающих влияние на состояние снежного покрова, и оценки уровня загрязнения снега просуммируем индексы, используемые как критерии качества снега:

$$\text{ИЗС} = \frac{\text{Swirl} + \text{NIR}}{\text{Green}}$$

где ИЗС — индекс загрязнённости снежного покрова; Swirl, Nir, Green — коэффициенты отражения в среднем инфракрасном, ближнем инфракрасном и зелёном каналах.

Анализ загрязнения снежного покрова в пределах Архангельской агломерации, в частности г. Северодвинска и его окрестностей, выявил небольшое уменьшение значений индекса с удалением от города, что обусловлено осаждением крупных пылевых частиц вблизи берега и переносом мелкой фракции на дальние расстояния

Для сравнения данных по снимку Landsat-5 от 20.02.2011 по той же методике вычислены значения NDSI, ИЗС. Отмечено, что заснеженность территории в 2011 г. была значительно выше, о чём свидетельствует и индекс NDSI. Это связано с обильными снегопадами и низкими температурами в феврале 2011 г. (архив погоды в Петрозаводске, <https://tr5.ru/>). Индекс NDSI изменяется в пределах 0,51–0,75 при среднем 0,66. Уровень загрязнённости в 2011 г. снижен по сравнению с 2015 г. Значения ИЗС варьируют от 1,17 до 1,41. Разница ИЗС между 2015 и 2011 гг. в среднем составляет 0,2. Однако в целом картина загрязнения в сравнении с фоновыми площадями схожа с 2015 г. Также наиболее загрязнёнными являются точки, расположенные в северной части города в зоне воздействия ТЭЦ. С удалением от города заметно снижение уровня загрязнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салтан Н.В., Шлапак Е.П., Жиров В.К., Гонтарь О.Б., Святковская Е.А. Химический состав снега на урбанизированных территориях в условиях Крайнего Севера // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. №2. С. 328-334.
2. Прокачева В.Г., Усачев В.Ф. Снежный покров в сфере влияния города. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 176 с
3. Chavez P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data // Remote Sensing of Environment. 1988. V. 24. P. 459-479.
4. Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., DiGirolamo N.E., Bayr K. J., Jin J.M. MODIS snow-cover products // Remote Sensing of Environment. 2002. V. 83. No. 1. P. 181-194
5. Брюханов А.В. Господинов Г.В., Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы в географических исследованиях. М.: МГУ, 1982. 232 с.

## ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР ТАЗОВСКОГО РАЙОНА ЯНАО

О.П. Саева<sup>1</sup>, Н.В. Юркевич<sup>1,2</sup>, А.И. Сеницкий<sup>3</sup>, А.Н. Шейн<sup>1</sup>, Н.В. Юркевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, SaevaOP@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

<sup>3</sup>Научный центр изучения Арктики, г. Салехард

Гыданский полуостров относится к Западно-Сибирской провинции и расположен на севере Ямало-Ненецкого автономного округа между Тазовской и Обской губами на западе и Енисейским заливом на востоке. Наличие многолетнемерзлых горных пород является важнейшей особенностью полуострова [1]. На Гыданском полуострове хорошо развита гидрографическая сеть. Полуостров дренируется относительно короткими реками с выраженными долинами, наибольшей площадью водосбора отличаются реки Танама и Юрибей. На Гыданском полуострове много озер, большинство из которых имеют небольшие размеры и мелководны [2]. При достаточной количественной обеспеченности водными ресурсами северных территорий России, включая Север Западной Сибири, остро стоит проблема их качественного истощения под влиянием антропогенных нагрузок локального, регионального и глобального масштаба. Современные исследования водных объектов в данном регионе ведутся в нескольких направлениях: изучается фитопланктон и зоопланктон бассейна реки Мессояха [3, 4], оценивается микроэлементный состав почвенного покрова, почвообразующих пород, донных отложений [5, 6], проводятся комплексные работы по изучению ландшафтно-геохимической обстановки на водосборах озер [7]. Цель данной работы направлена на выявление изменений химического состава поверхностных вод Пур-Тазовского района с началом промышленной эксплуатации Восточно-Мессояхского нефтегазоконденсатного месторождения.

Для исследования состава в 2016-2018 году были отобраны пробы воды природных рек, ручьёв и озёр (ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», отв. исп. А.И. Сеницкий) (Рис. 1).

Карта точек отбора гидрохимических проб  
М 1:50000

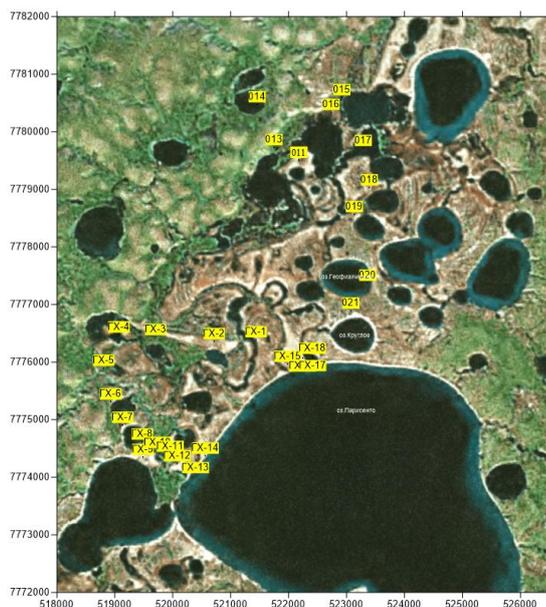


Рис. 1 – Схема опробования поверхностных вод.  
Отбор проб и составление схемы сделаны А. Сеницким,  
НП «Российский Центр освоения Арктики»

Сразу после отбора проб измеряли значения рН, Eh растворов потенциометрическим методом на портативном приборе фирмы «HANNA» HI 9025С. Определение удельной электропроводности в водных пробах производили с помощью портативного кондуктометра WTW Cond315i с автоматической термокомпенсацией и датчиком TetraCon 325. Концентрации сульфат-, нитрит-, нитрат-, хлорид-ионов в пробах измеряли в лаборатории методом ионной хроматографии по методике (ПНД Ф 14.1:2:4.132-98). Содержания гидрокарбонатов и карбонатов в пробах определяли титриметрическим методом по методике для природных вод (ПНД Ф 14.2.99-97). Основной катионный состав был установлен с помощью метода ИСП-МС (НСАМ № 480-Х).

По результатам анализов было установлено, что исследуемые водоемы можно отнести к ультрапресным (минерализация до 0.2 г/л), а полученные соотношения рН-Eh соответствуют природным поверхностным водам, находящимся в контакте с атмосферой. Полученные значения рН лежат в диапазоне от 6.22 до 7.11 единиц, соответствуют слабокислым-нейтральным водам, не превышая норм СанПиН [8]. Наибольшее значение минерализации (92 мг/л в 2016 году) соответствует старице в среднем течении безымянного ручья, впадающего в оз. Парисенто (точка ГХ-5).

Концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  варьировали от 6.9 до 170 мг/л и не достигали предельно допустимых концентраций для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [9]. В 2017-2018 году список проб был сокращен так, чтобы была представлена каждая гидрохимическая группа объектов, определенная ранее по суммарному содержанию основных катионов и анионов в растворе [10, 11]:

А. Озера с наименьшими суммарными концентрациями анионов и катионов (6.9-17 мг/л) и электропроводностью (10-30 мкСм/см), находятся севернее оз. Парисенто (точки 11(84), 15(87), 18(90), 20(92), Рис. 1), приурочены к верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной равнине (II и III террасы). По косвенным геоморфологическим признакам сформированные на этой территории озера можно отнести к термокарстовым. Питание, вероятнее всего, осуществляется за счет снеготалых вод. В анионном составе преобладают гидрокарбонаты, вклад сульфат- и хлорид-ионов незначительный, среди катионов основные – магний и кальций. Воды этой группы объектов относятся к гидрокарбонатному классу, кальций-магниевому типу. Мониторинг состава данных водоемов представляет интерес в связи с тем, что позволяет получить новые данные о химическом составе малоизученных термокарстовых озер.

$$M_{0.012} \frac{\text{HCO}_3 90 \text{Cl} 5 \text{SO}_4 5}{\text{Mg} 42 \text{Ca} 37 \text{Na} 18 \text{K} 3} pH_{6.8}$$

Б. Вторая группа водоемов (ГХ-15, 21(93), Рис. 1) приурочена к верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной равнине, как и водоемы группы А, но по составу отличается промежуточной минерализацией (12-43 мг/л), существенным вкладом сульфат- и хлорид-ионов. Пробы взяты в точках впадения проток и ручьев в оз. Парисенто, в самом оз. Парисенто, оз. Круглом. Вероятно, специфика состава связана с относительно большим вкладом в питание грунтовых вод.

$$M_{0.02} \frac{\text{HCO}_3 81 \text{Cl} 11 \text{SO}_4 7}{\text{Mg} 37 \text{Ca} 34 \text{Na} 25 \text{K} 4} pH_{6.9}$$

В. Водоемы с суммарными содержаниями катионов и анионов от 8.6 до 92 мг/л (точки ГХ-5, ГХ-6, ГХ-10, 14(86), Рис. 1), расположены к востоку и северо-востоку от

оз. Парисенто и приурочены к верхнечетвертичной - современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины. Водоёмы этой группы представлены озерами старичного типа. Основной вклад в катионный состав вносит магний, в анионном составе приобретают значение сульфат- и хлорид ионы.

$$M_{0.03} \frac{\text{HCO}_3 83 \text{SO}_4 9 \text{Cl} 8}{\text{Mg} 38 \text{Ca} 37 \text{Na} 22 \text{K} 3} pH_{6.8}$$

В ходе данной работы было выявлено, что величина удельной электропроводности (УЭП) в пробах колеблется от 9.6 до 230 мкСм/см и коррелирует с суммарным содержанием основных ионов в воде (коэффициент корреляции 0.97, Рис. 2). Это указывает, что на вклад в общую минерализацию растворов вносят преимущественно неорганических ионы.

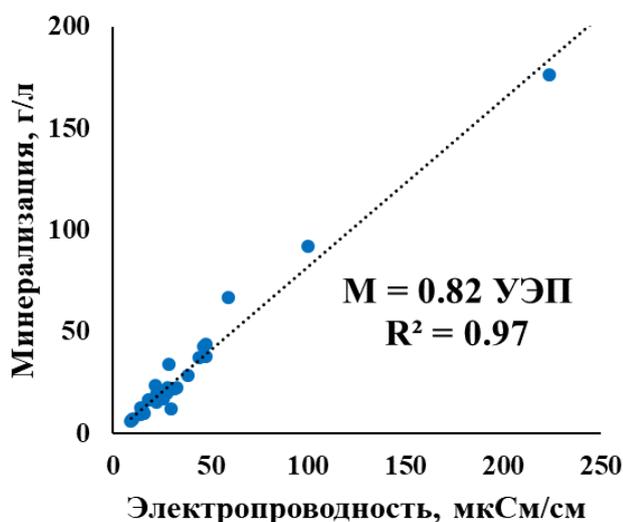


Рис. 2 – Корреляционная взаимосвязь удельной электропроводности и минерализации проб

Корреляционная взаимосвязь удельной электропроводности, измеренной прямым кондуктометрическим способом, позволяет быстро в полевых условиях оценить минерализацию (М) воды по уравнению:  $M = k \cdot \text{УЭП}$ , где  $k$  равно 0.82 – это эмпирическая константа, полученная для исследуемых водных объектов.

По результатам трехлетних наблюдений во всех группах вод выявился рост минерализации растворов в 2017 году с дальнейшим снижением, а также падение рН с увеличением значений до прежних в 2018 году (Рис. 3). Подобная реакция может быть вызвана различиями погодных условий в период пробоотбора. Большая часть осадков в Тазовском районе выпадает в августе (в среднем 63 мм). В 2016 году август был аномально дождливым (выпало 123 мм осадков), пробы, отобранные в конце месяца, были значительно разбавлены атмосферными осадками. В 2017 году пробоотбор происходил в самом начале августа, тогда как июль был беден осадками (18 мм). В группе термокарстовых озер (А) погодные изменения приводят к резким скачкам рН, поскольку сами водоёмы обладают наименьшей минерализацией и буферной емкостью. В среднем минерализация термокарстовых озер повысилась на 20% в 2017 году, а в 2018 упала ниже первоначальных значений. В водоёмах группы Б рост минерализации произошел на 27%, но значения не вернулись к прежнему уровню в 2018 году. В группе озер старичного типа (В) минерализация возросла более чем на 30% (а в аномальной точке ГХ-5 почти в два раза), и также не вернулась к уровню значений 2016 года.

Изменения рН в группах Б и В с годами менее выражены, чем в группе А. Для более точной интерпретации полученных данных требуется дальнейший мониторинг водных объектов.

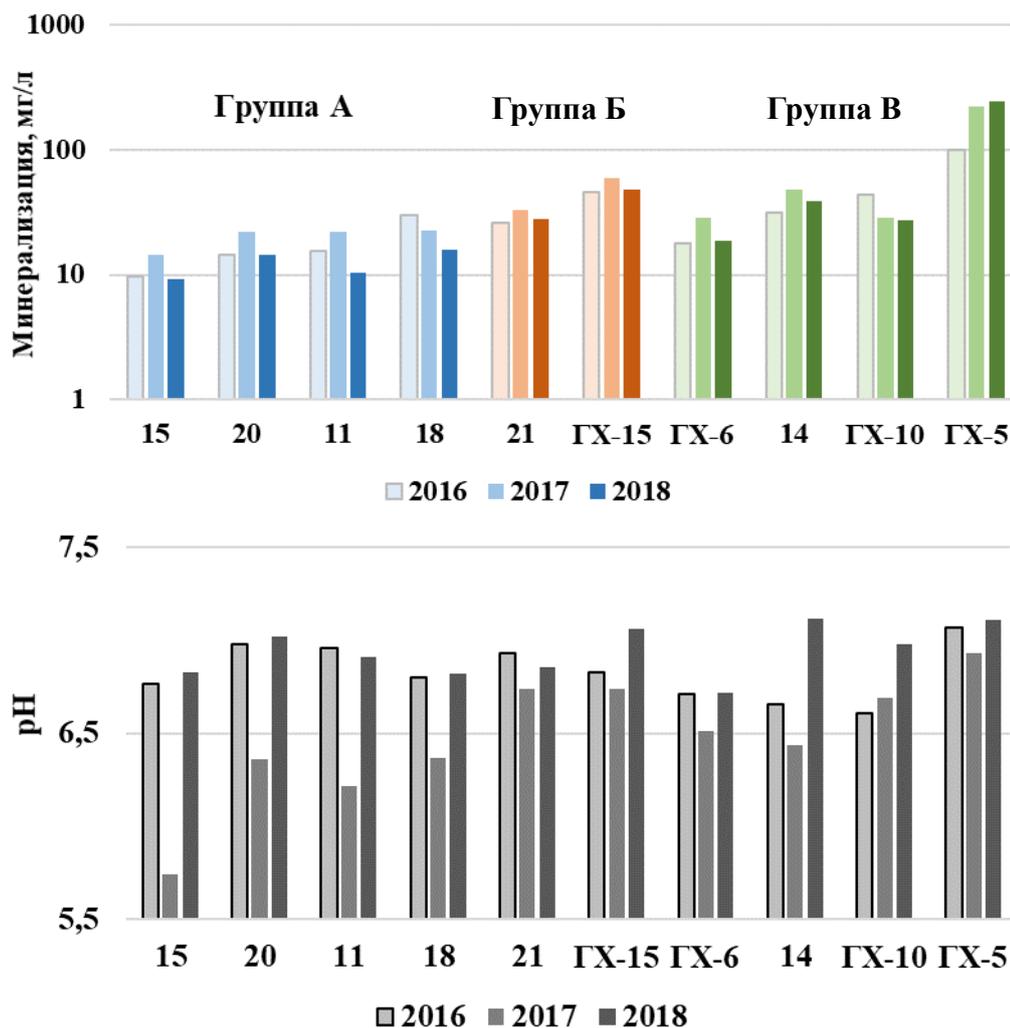
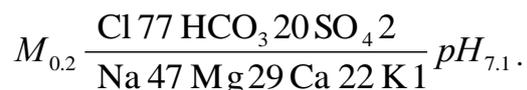


Рис. 3 – Изменение минерализации и рН поверхностных вод 2016-2018 гг.

Несмотря на невысокие колебания значений общей минерализации изучаемых водных объектов, с годами произошли значительные изменения в основном анионно-катионном составе. Во всех группах водоемов возросло содержание хлорид-иона, доля его стала равна 13–77 ммоль\*экв%. В катионном составе увеличился процент натрия на 3-22 ммоль\*экв%. Сильнее всего изменения коснулись пробы ГХ-5, где формула Курлова приобрела следующий вид:



В ходе исследований 2016-2018 годов было установлено, что с началом промышленной эксплуатации Восточно-Мессояхского нефтегазоконденсатного месторождения наблюдается небольшое повышение минерализации и значений рН в водных объектах Тазовского района. Изменения коснулись основного анионно-катионного состава, где наблюдается рост процента натрия и хлора. Подобные преобразования химического состава водных объектов возможно под действием

щелочных и хлорсодержащих технологических растворов, используемых при разработке и эксплуатации скважин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа / Под ред. С.И. Ларина. Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. 304 с.
2. Попов П.А. Характеристика ихтиофауны водоёмов Гыданского полуострова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 3 (15). С. 127–138.
3. Ярушина М.И. Фитопланктон водоемов бассейна р. Мессояха (Гыданский полуостров) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2007. № 2. С. 19-31.
4. Богданова Е.Н. Зоопланктон реки Мессояха (Гыданский полуостров) // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере. 2013. С. 27-28.
5. Пузанов А.В., Романов А.Н., Салтыков А.В. Микроэлементы в основных компонентах ландшафта Гыданского полуострова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 12 (146). С. 60-64.
6. Агбалян Е.В. Гыданский полуостров: малоизученная арктическая территория России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12. С. 1448-1451.
7. Хорошавин В.Ю., Селюков А.Г., Шуман Л.А., Алешина О.А. Проект комплексного исследования озерных экосистем Тазовского района первые результаты // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2016. № 4. С. 93-98.
8. Санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Минздрав РФ. 2003.
9. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Минздрав РФ. 2003.
10. Юркевич Н.В., Саева О.П., Оленченко В.В., Сеницкий А.И. Особенности химического состава поверхностных вод Тазовского района ЯНАО // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2017. № 3 (96). С. 32-41.
11. Юркевич Н.В., Саева О.П., Оленченко В.В., Сеницкий А.И. Оценка геохимического состава природных поверхностных вод Гыданского полуострова // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 2. № 3. С. 150-155.

#### ФИТОПЛАНКТОН СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБСКОЙ ГУБЫ

*Л.А. Семенова*

Тюменский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" ("Госрыбцентр"), г. Тюмень, ecology@gosrc.ru

Фитопланктон – основной продуцент автохтонного органического вещества в любой водной экосистеме. Известно, что ухудшение светового режима в водоеме ведет к снижению эффективности фотосинтеза и соответственно биологической продуктивности водоема и, в конечном счете, рыбопродуктивности. Оценка

последствий, вызванных воздействием повышенной мутности воды на первое звено пищевой цепи, задача первостепенной важности [1].

Рассмотрим материал исследований 2015–2017 гг. по фитопланктону в районах гидротехнических работ в северной части Обской губы. Карта–схема отбора проб в районе порта Сабетта (71°15'–71°17' с.ш.) и морского канала (72°07'–72°34' с.ш.) представлена на Рисунке 1. Фитопланктонные пробы отбирались в поверхностном слое воды (0,2–0,3 м) батометром Руттнера (объемом 0,5 л), фиксировались раствором Люголя [2, 3]. Камеральная обработка проб подробно описана в публикации [4].

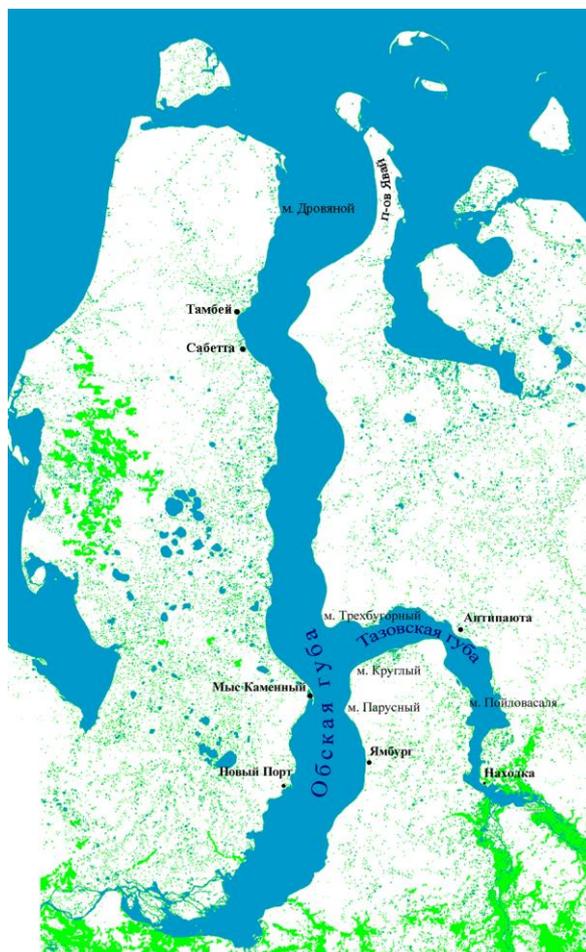


Рис. 1 – Карта-схема

Качественные и количественные показатели фитопланктона в районе пос. Сабетта (порт Сабетта) приведены в Таблице 1 и на Рисунках 2 и 3.

Таблица 1 – Качественные и количественные показатели фитопланктона в районе гидротехнических работ, порт Сабетта

Показатели	Район дноуглубительных работ			Район складирования грунтов		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Число таксонов	80	72	71	73	65	73
Численность, млн кл./дм <sup>3</sup>	0,41–8,70	3,00–25,06	5,58–15,94	1,50–6,85	5,98–80,10	3,68–8,53
Биомасса, г/м <sup>3</sup>	0,23–7,71	0,72–11,37	6,2–19,47	1,94–4,51	1,10–9,91	3,21–9,38
Температура воды, °С	3,7–11,3	9,7–11,3	4,2–7,6	7,0–12,5	11,3–12,0	6,3–8,6
Соленость, ‰	0,02–0,30	0,07–2,35	0,13–0,61	0,02–0,18	0,06–0,45	0,10–0,18
Прозрачность, м	0,2–0,5	0,1–0,9	0,2–0,5	0,3–0,5	0,5–1,15	0,4

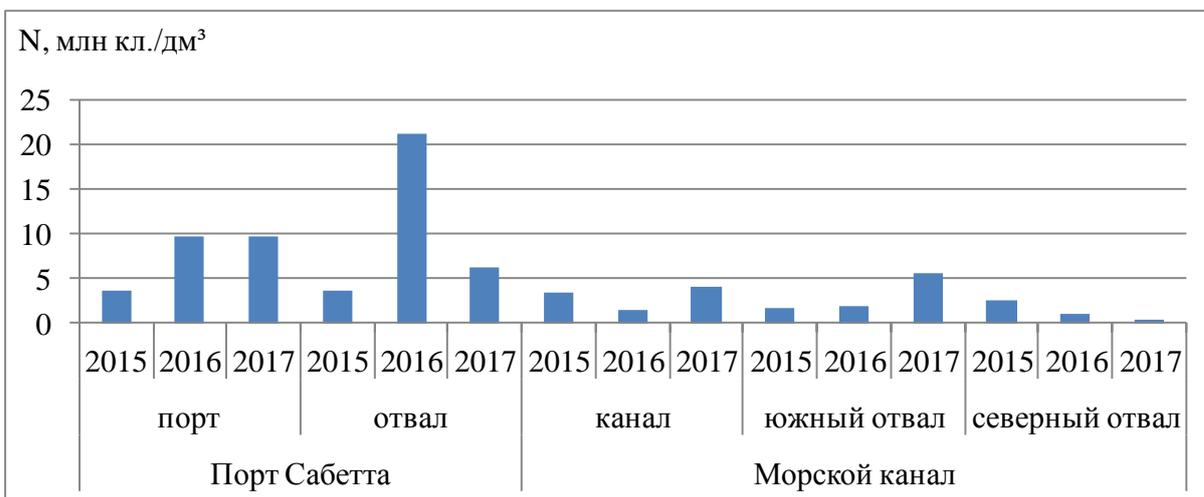


Рис. 2 – Численность фитопланктона в районах гидротехнических работ (средние значения)

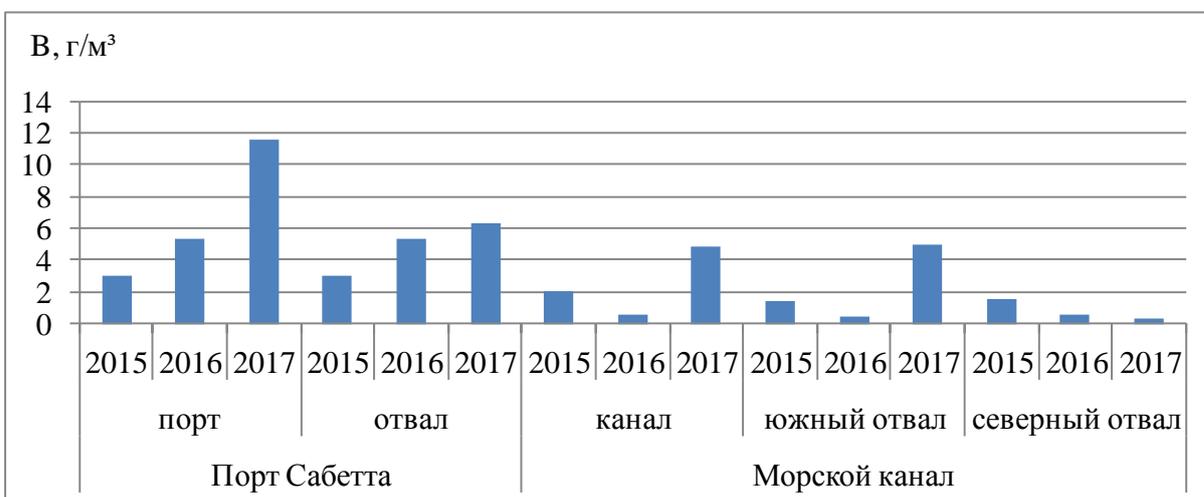


Рис. 3 – Биомасса фитопланктона в районах гидротехнических работ (средние значения)

Фитопланктон за период наблюдения в районе дноуглубительных работ порта Сабетта качественно разнообразен (71–80 таксонов), степень сходства видового состава по индексу Серенсена [5] по годам высокая ( $J_s$  0,70–0,74). Существенную роль в развитии планктона на данном участке играл температурный фактор. Так, в более теплом 2016 г. (температура воды – 9,7–11,3 °С) одновременно с диатомовыми вегетировали нитчатые синезеленые водоросли, а в более холодном 2017 г. (температура воды – 4,2–7,6 °С) – крупноклеточные диатомеи, что и отразилось на количественных показателях фитопланктона. Обилие водорослей с 2015 г. увеличивается, с максимумом по плотности в 2016 г. (25,06 млн кл./дм<sup>3</sup>), по фитомассе – в 2017 г. (19,47 г/м<sup>3</sup>). Численность и биомасса фитопланктона по станциям отбора проб колебались в значительных пределах – от 0,41 до 25,06 млн кл./дм<sup>3</sup> и от 0,23 до 19,47 г/м<sup>3</sup> соответственно.

В районе размещения грунтов, изъятых при проведении дноуглубительных работ в районе порта Сабетта, также отмечалось высокое флористическое разнообразие по годам (65–73 таксона) и значительная степень видового сходства ( $J_s$  0,62–0,70). Анализ количественных характеристик фитопланктона показал, что существенную роль в районе размещения грунтов, как и в районе дноуглубительных работ, играет температура воды в период исследований. В 2016 г. при температуре воды 11,3–12,0 °С

пышно вегетировали мелкоклеточные нитчатые синезеленые водоросли, в 2017 г. при температуре воды 6,3–8,6 °С – крупноклеточные центрические диатомеи. Плотность фитопланктона в 2016 г. была существенно выше, чем в 2017 г. при почти одинаковой фитомассе водорослей. Численность водорослей по станциям отбора проб существенно варьировала – от 1,5 до 80,1 млн кл./дм<sup>3</sup>, биомасса – от 1,1 до 9,91 г/м<sup>3</sup>.

Качественные и количественные показатели фитопланктона в районе дноуглубительных работ на морском канале приведены в Таблице 2 и на Рисунках 2 и 3.

Таблица 2 – Качественные и количественные показатели фитопланктона в районе дноуглубительных работ на морском канале

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Число таксонов	87	82	96
Численность, млн кл./дм <sup>3</sup>	0,30–19,09	0,33–7,05	0,06–11,91
Биомасса, г/м <sup>3</sup>	0,10–11,32	0,06–3,85	0,09–13,95
Температура воды, °С	5,7–11,7	9,6–11,9	5,7–7,7
Соленость, ‰	0,24–4,67	0,93–12,97	0,21–6,55
Прозрачность, м	0,5–1,2	0,6–1,4	0,4–0,5

В северной части Обской губы на морском канале в районе дноуглубительных работ сохраняется видовое разнообразие фитопланктона (82–96 таксона) и высокое сходство таксономического состава по годам (Js 0,67–0,76). Сравнение результатов исследований за три года показало, что сезонные колебания численности и биомассы альгоценоза рассматриваемого участка зависят не только от температуры воды, но и от такого мощного фактора среды, как соленость водных масс в каждом конкретном году. В планктоне встречены пресноводные и солоноватоводные формы фитопланктона. На солоноватоводных станциях развивались перидинеи и диатомовые, иногда – криптомонады и эвгленовые (2015 г.), на пресноводных – диатомовые, в меньшей степени эвгленовые, синезеленые и зеленые. В 2016 г., в связи с более высоким градиентом солености водных масс (до 13 ‰), наблюдалась перестройка в диатомовом комплексе. Так, более крупные многоклеточные диатомовые (*Aulacoseira* Thw.) заменились на более мелкие одноклеточные центрические (*Cyclotella* Kütz.) и пеннатные (*Fragilaria* Lyngb.) диатомеи, что отразилось на количественных показателях фитопланктона в 2016 г. Численность по станциям отбора проб находилась в пределах от 0,30 до 19,09 млн кл./дм<sup>3</sup>, биомасса – от 0,06 до 13,95 г/м<sup>3</sup>.

Качественные и количественные показатели фитопланктона на участках размещения грунтов после дноуглубительных работ на морском канале представлены в Таблице 3 и на Рисунках 2 и 3.

Таблица 3 – Качественные и количественные показатели фитопланктона в районах размещения грунтов на морском канале

Показатели	Южный отвал			Северный отвал		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Число таксонов	62	61	71	39	48	45
Численность, млн кл./дм <sup>3</sup>	0,45–4,18	0,51–3,02	0,53–14,65	0,38–6,93	0,32–1,68	0,09–0,53
Биомасса, г/м <sup>3</sup>	0,23–4,39	0,12–1,02	0,65–19,94	0,29–3,85	0,16–1,22	0,02–0,62
Температура воды, °С	6,5–9,1	10,2–10,9	5,9–7,0	5,8–9,3	10,2–11,7	4,9–6,2
Соленость, ‰	1,01–7,50	1,90–3,69	0,68–2,58	2,28–6,12	3,59–5,03	3,77–6,52
Прозрачность, м	0,4–1,4	0,5–1,20	0,3–0,7	0,7–0,8	0,4–1,70	0,3–0,5

На южном участке размещения грунтов не выявлено снижения флористического разнообразия (61–71 таксон) и степень сходства альгофлоры по годам была значительной (Js 0,63–0,66). Обилие (численность и биомасса) фитопланктона и его

сезонная динамика в большей степени зависит от температуры и солености водных масс. В 2017 г. отмечено понижение прозрачности воды до 0,3–0,7 м, что могло отразиться на фотосинтезе мелкоклеточных представителей фитопланктона. В 2016 г. в альгоценозе данного участка отмечена аналогичная перестройка в диатомовом комплексе, как и в районе дноуглубительных работ. В фитопланктоне 2016 г. доминировали одноклеточные пеннатные диатомовые (*Fragilatia* Lyngb.), в 2017 г. – крупноклеточные центрические диатомеи (*Aulacoseira* Thw.), которые более адаптированы к темновой фазе фотосинтеза. На пресноводных станциях развивались диатомовые, в меньшем количестве эвгленовые (2015–2016 гг.) и синезеленые (2016–2017 гг.), на солоноватоводных – перидинеи, диатомеи, эвгленовые (лето 2015–2016 гг.). В пробах встречались поврежденные клетки пеннатных диатомей (*Asterionella formosa* Hass.). Численность фитопланктона по станциям отбора проб изменялась от 0,45 до 14,65 млн кл./дм<sup>3</sup>, биомасса – от 0,12 до 19,94 г/м<sup>3</sup>.

На северном участке складирования грунтов в районе морского канала с 2015 г. идет существенное понижение численности и биомассы при одинаковом видовом разнообразии (39–48 таксонов) и высокой степени сходства по годам ( $J_s$  0,64–0,69), не исключается влияние дноуглубительных работ на фитопланктон северного участка складирования грунтов. Для 2017 г. характерно понижение прозрачности воды до 0,3–0,5 м, что не могло не отразиться на продукционных характеристиках фитопланктона. Альгоценоз солоноватоводного участка Обской губы характеризовался динофитовым комплексом с развитием криптоноад, диатомей, а летом 2015 г. – эвгленовых. В пробах, как и на южном участке складирования грунтов, отмечены поврежденные клетки пеннатной диатомей *Asterionella formosa* Hass. Численность фитопланктона по станциям отбора проб варьировала от 0,09 до 6,93 млн кл./дм<sup>3</sup>, биомасса – от 0,02 до 3,85 г/м<sup>3</sup>. Максимальные количественные показатели отмечены в 2015 г.

В целом анализ материалов за трехлетний период наблюдений показал, что существенное влияние на развитие фитопланктона Обской губы в районе гидростроительства оказывает температура воды, световые условия в водоеме (прозрачность), а также течения, определяющие распределение очень важного для фитопланктона показателя – градиента солености. Очень сложно оценить воздействие гидротехнических работ на альгофлору без данных по гидрохимии воды и взвешенным веществам – таком важном показателе при дноуглубительных работах. Однако в районе размещения грунтов на северном участке Обской губы отмечено негативное влияние гидротехнических работ на развитие фитопланктона – значительное снижение обилия (численности и биомассы) фитопланктона при достаточно низкой прозрачности, что не наблюдалось на других участках. В пробах южного и северного участков складирования грунтов встречались поврежденные клетки пеннатных диатомей, что возможно, также связано с негативным воздействием этих работ.

Трехлетний период наблюдений за влиянием гидротехнических работ на водную экосистему Обской губы недостаточен для окончательного вывода о силе существующего антропогенного влияния. Для сохранения уникальной биоты северного эстуария следует продолжать экологический мониторинг в районе морского порта Сабетта в комплексе с гидрологическими и гидрохимическими исследованиями в северной части Обской губы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимова О.Б. Влияние повышенной мутности воды на структурно-функциональные характеристики фитопланктона. // Экологические аспекты воздействия гидростроительства на биоту акватории восточной части финского залива /сб. научн. тр. ФГНУ ГосНИОРХ. С-П., 2006. Вып. 331. Т. 1. С. 86-121.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 138-170.

3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоздат, 1983. С. 79-87.
4. Семенова Л.А., Ярушина М.И. Структура и пространственно-временная динамика фитопланктона Тазовской губы // Биология внутренних вод. 2012. № 2. С. 52-59.
5. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1986. С. 289.

## **РАНИМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ ЧУКОТКИ К АНТРОПОГЕННУМУ ПРЕССУ И ВОЗМОЖНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ**

*Г.П. Скрьльник*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, skrylnik@tigdvo.ru

Рассматриваемая территория (природно-этнический парк «Берингия») – собственно Северо-Восток России. В физико-географическом плане это пограничные пространства между Арктикой и Субарктикой. Их климат – продукт сложного и противоречивого взаимодействия континентального и океанического влияний – Азиатского материка, с одной стороны, и Северного ледовитого океана (Чукотского моря) и Тихого океана (Берингова моря), с другой. Облик формирующихся в этих напряженных гидротермодинамических обстановках природных ландшафтов характеризуется уникальными и неповторимыми чертами – относительно простой организацией, неустойчиво-подвижным функционированием и изменчивой во времени (пониженной-повышенной) устойчивостью геосистем. Именно структурные простые, но жесткие связи обеспечивают устойчивость ландшафтов по отношению к обычным для характерных обстановок естественным воздействиям (типичным, критическим и, реже, кризисным). Не выдерживают они только катастрофических воздействий (резких и значительных потеплений и повышенных выпадений атмосферных осадков). В то же время эти ландшафты сильно уязвимы со стороны антропогенных воздействий (механических площадных нарушений почвенно-растительного покрова, пирогенных воздействий, масштабных обводнений территории, и других), чуждых для полярных средоформирующих обстановок.

Современное глобальное потепление климата достигло пика (по исследованиям Н.В. Ловелиуса и А.Ю. Ретеюма) и начало замедляться и снижаться [1]. Так, «по аналогии с событиями двух закончившихся циклов солнечной активности можно заключить, что сохранение высоких темпов потепления Арктики в обозримой перспективе маловероятно» [1, с. 129]. С этим совпадают и выводы международных экспертов, показывающих, что сейчас идет общее похолодание [2]. Начавшееся похолодание на всей территории Дальнего Востока подтверждается нашими исследованиями [3, 4].

Целью исследования было познание устойчивости и пластичности полярных геосистем (ГС) под воздействием антропогенных воздействий на фоне меняющихся климатических изменений, в обстановках противоборствующих взаимодействий континентальности и океаничности. Особое внимание было уделено тщательному исследованию морфолитогенетических эффектов со стороны типичных и аномальных (экстремальных – критических и кризисных, а также катастрофических) процессов и факторов.

Использованы данные многолетних исследований автора на Чукотке и доступные литературные источники. При анализе были применены сравнительно-географический, информационный и палеогеографический методы.

Новизна исследования заключается в прослеживании устойчивого развития территории, базирующегося на учете не только сложного, но и одновременно сквозного комплексирования живого и косного.

Ландшафты полярных стран – не молоды и не вторичны. Они развивались длительное время (по крайней мере, в течение всего четвертичного периода) в относительно мало меняющихся пространственно-временных рамках «родственных» обстановок Полярных поясов (Арктического и Субарктического).

В ходе многопланового взаимодействия снижающегося потепления и возникающего похолодания климата и сложившейся континентальности (К) и океаничности (О), проявляющееся в активизации характерных для каждого из влияний ярких экзогенных процессов, возникают особые биометеоэнергетические предпосылки для развития специфических ГС. Так, в первом случае в ходе экзогенного морфогенеза активизируются аридные и мерзлотные рельефообразующие процессы, а во втором – гумидные и гляциально-нивационные. Интегральный показатель интенсивности, направленности и соотношения этих рельефообразующих процессов помогает вскрыть тенденции развития рельефа [5, 6]. Своеобразные тенденции последнего на Восточной Чукотке определяются, главным образом, влиянием зимней континентальности (из-за воздействия не только материковой, но и преобладающей большую часть года ледовой поверхности акваторий).

Морфогенетические результаты от воздействия различных экзогенных процессов на ГС проявляются по-разному: от типичных – с запаздыванием, когда постепенно сказывается результат кумулятивного эффекта, сохраняющим возможность возврата до исходных состояний; от аномальных (особенно катастрофических) – практически моментально, вплоть до разрушения структуры ГС.

Состояние и организация (структура и функционирование) природных систем полностью контролируется их устойчивостью.

*Устойчивость геосистемы* – способность объекта при различных внешних воздействиях сохранять основные черты организации и поддерживать возвратно-поступательное развитие [7].

*Трансформации* дневной поверхности, растительности почв и приповерхностного субстрата создаются из-за воздействий на них различных экзогенных и эндогенных процессов, но в площадном плане – наиболее интенсивно мерзлотными.

Ниже приведены отдельные примеры трансформаций ландшафтов на конкретных объектах Восточной Чукотки в обстановках типичных и аномальных воздействий.

На относительно простую структуру природных систем Восточной Чукотки наложена более сложная и разнообразная современная система хозяйственного освоения, в результате чего многие природные системы подверглись разнообразным трансформациям [6]. В пределах региона представлены природные системы от значительно трансформированных антропогенным воздействием до практически неизменных комплексов неосвоенных и слабозаселенных территорий.

Вмешательство человека в естественную природную обстановку чаще проявляется в нарушениях растительного покрова – этого наиболее динамичного природного фактора. Именно с такого рода нарушениями наиболее тесно связана активизация термокарстовых процессов. Пирогенные воздействия, в частности, на вечную мерзлоту, опосредствованные через растительность, являются разноплановыми, но по своему эффекту занимают одно из важных мест в этом аспекте. Так, выгорание даже одного кустарникового и травянисто-кустарникового покрова приводит в общегодовом выводе к усилению жесткости температурных условий в почво-грунтах и формированию более низких температур вечномерзлых толщ, а в теплый период года – служит толчком к активизации оплывинно-солифлюкционных движений грунта на

склонах и к началу интенсивного термокарста в пределах скопления ледяных включений в грунтах различных местоположений и т.д. [8].

Хозяйственная деятельность человека в целом приводит к изменению мощности и среднегодовых температур вечномёрзлых толщ. Так, до постройки Анадырского водохранилища в среднем течении р. Казачка указанные температуры в подошве слоя годовых колебаний были равны в среднем минус 4 °С. Последующие наблюдения этих температур в 1971 г. зафиксировали их значения в отдельных точках как 0 °С, а температуры донных отложений составляли +4 °С. Одновременно с изменением отмеченных температур «прошли» термокарстовые процессы и возникли различные просадки грунтов.

Строительство жилых поселков в пределах северных аллювиальных равнин, сложенных очень льдистыми грунтами, сопряжено с большими трудностями. Связано это с активизацией многих мерзлотных процессов (в первую очередь, термокарстовых), протекающих с особой быстротой и осложняющих строительство и эксплуатацию сооружений. Так, под поселок Канчалан был выбран участок в пределах 1 и 2-й надпойменных террас в среднем течении р. Канчалан, где оказались широко развитые мощные и неглубоко залегающие к дневной поверхности полигонально-жильные льды. Снятие и (или) уплотнение дерново-мохового и снежного покрова, осушение и (или) обводнение грунтов, планиция и затенение земной поверхности, а в некоторых случаях даже вскрытие и выведение на поверхность подземных льдов, в ходе строительства и эксплуатации жилых и служебных зданий, привело к резкой перестройке естественного гидротермического фона почво-грунтов. Это послужило причиной интенсивного вытаивания полигонально-жильных льдов. В результате сформировался бугристо-западинный рельеф, возникли термокарстовые просадки и овраги и оплывинно-солифлюкционные трансформации, что привело к разрушению многих зданий и дорог.

Устройство временных дорог в равнинной тундре приводит к механическому разрушению травяно-мохового покрова, который десятилетиями не восстанавливается. Так, по наблюдениям автора в 1972 г. в долине р. Танюрер, на поверхности заочкаренных террас нами были отмечены единичные 15-летней давности глубокие (до 15-20 см) колеи тракторов и вездеходов. Эти колеи в ряде мест явились путями концентрированного стока дождевых и талых вод, что в конечном счете привело к образованию оврагов. Превращение отдельной колеи в овраг происходит очень быстро. Так, по наблюдениям Н.А. Граве и И.А. Некрасова в 1961 г. в районе пос. Шахтерский (вблизи г. Анадыря), возникновение оврага на месте гусеничной колеи трактора произошло в течение 5 лет. В тех случаях, когда колеи, а потом и овраги совпадают в плане с простираем ледяных жил или морозобойных трещин, процессы линейной эрозии и бурного термокарста протекают особенно активно.

Поскольку колеи-борозды от тракторов и вездеходов большей частью сильно обводнены (влажность грунтов в них часто превышает предел текучести), несущая способность почво-грунтов здесь быстро снижается до минимальных значений. Поэтому временные дороги прокладываются все время на новых местах, по соседству с прежними. В результате вокруг большинства чукотских поселков тундра в настоящее время «распахана» и представляет собой обширные пространства, лишённые растительного покрова и изобилующие рытвинами, водороенами, провалами, оврагами и термокарстовыми озерами самых различных очертаний. Причем, во многих местах (например, вокруг поселков м. Шмидта, Певека, Депутатского, Шахтерского и др.) процессы оврагообразования, термокарста, солифлюкции и морозобойного трещинообразования протекают дальше уже без вмешательства человека.

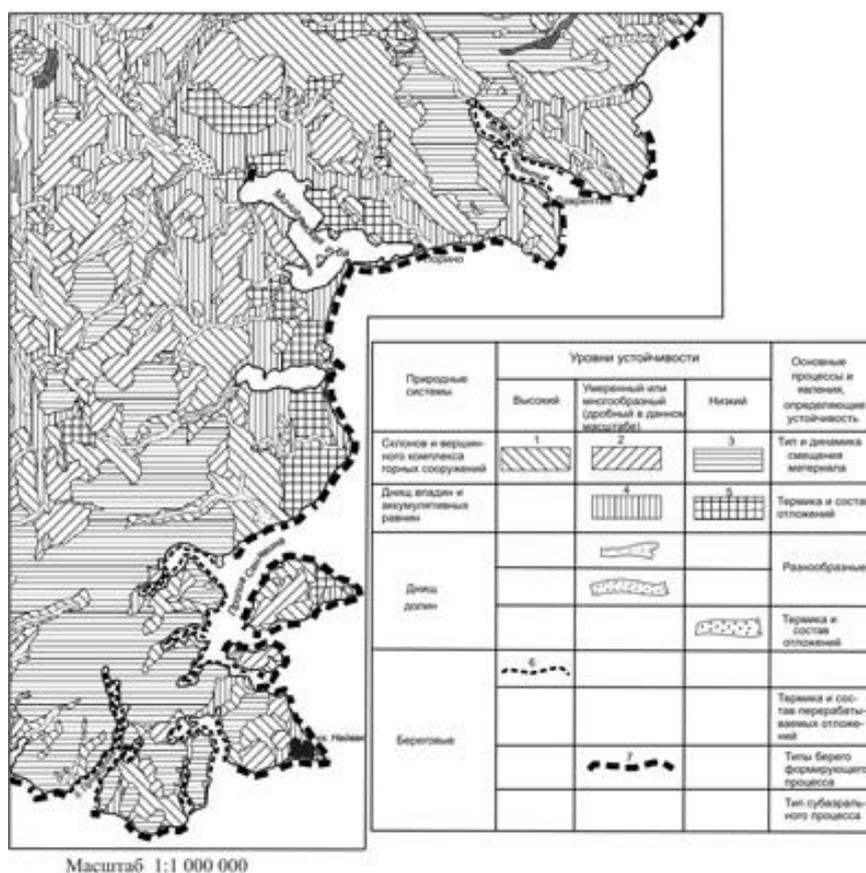
Насыпные грунтовые дороги промерзают и служат препятствием со стороны склонов поверхностному и поддерновому стоку. Последний объединяется с термокарстом вдоль дорог и в результате формируются линейные рытвины и промоины. Так, вдоль насыпной дороги от бывшего аэропорта до пос. Шахтерского,

ориентированной поперек склона, с 1964 по 1972 год образовались овраги глубиной до 3 м.

Спуск теплых промышленно-бытовых вод в ручьи, озера и отдельные замкнутые западины активизируют термокарстовые процессы и приводит к заглоблению здесь верхней кровли вечной мерзлоты и увеличению мощности деятельного слоя. По немногочисленным данным бурения и электроразведки (в районе поселков Амгуэмы, Шмидта и Шахтерского), можно говорить, что по этим причинам за последние десятилетия произошло «точечное» понижение верхней кровли вечной мерзлоты до 5 м, а на поверхности – к термокарстовым просадкам.

Таким образом, в ходе хозяйственного освоения территорий активизируются все мерзлотные процессы, при ведущей роли термокарста.

Следует подчеркнуть, что на Восточной Чукотке, в обстановке намечающейся континентализации климата и предполагаемой заповедности территории, природные риски снижаются и геосистемы здесь, как правило, будут сохранять свою и изначальную устойчивость (Рис. 1).



Условные обозначения: цифры 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – уровни устойчивости, плавно изменяющиеся от высоких значений к низким.

Рис. 1 – Фрагмент карты районирования по устойчивости природных систем Восточной Чукотки [9] (м-б 1:1000 000; составили И.И. Крылов и Г.П. Скрыльник).

Уровни устойчивости и пластичности ГС Восточной Чукотки не беспредельны, т.к. главные их резервы соответственно, геоморфологических систем (из-за их консервативности) и фитосистем (из-за их пластичности) – в конечном счете, все же ограничены. Вероятно, сейчас они часто находятся у своего предела, о чем и свидетельствует, в частности, направленное увеличение природных, а в условиях антропогенного "пресса" и техногенных катастроф [10].

Таким образом, в ходе хозяйственного освоения северных территорий и усиливающегося вмешательства в их естественную природную обстановку активизируются все мерзлотные процессы, при ведущей роли термокарста. В зависимости от форм вмешательства человека, нарастание активности большинства мерзлотных процессов, приводящих к нежелательным последствиям в практике народного хозяйства, будет происходить чаще скачкообразно. Эти процессы еще больше могут усилиться из-за возрастания напряженности естественных и антропогенных аномальных явлений и процессов: глобальных – потепления или похолодания климата и прогнозируемого повышения уровня океана [11]; континентальных – динамики границ природных зон, а также региональных – направленного изменения соотношений океанических и континентальных влияний; локальных – смены типов природопользования [12, 13].

Актуальность комплексной оценки изменений полярных ландшафтов (в частности, из-за колебаний климата в XX–XXI веке), с целью «снятия» возможных экологических рисков и нормализации природных обстановок, сейчас резко возрастает. В итоге проведения этих мероприятий возможно достижение устойчивого развития территорий Севера.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ловелиус Н.В., Ретеюм А.Ю. Циклы солнечной активности в Арктике // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 1. С. 128-130.
2. Глобальная служба атмосферы (ГСА) – Global Atmosphere Watch Programme [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://public.wmo.int/.../programmes/global-atmosphere-watch-programme> (дата обращения: 16.06.2018).
3. Кравцова В.И. Исследование динамики площади и количества термокарстовых озер в различных районах криолитозоны России по космическим снимкам / В.И. Кравцова, Т.В. Родионова // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 1. С. 81-89.
4. Скрыльник Г.П. Курумообразование и общая тенденция развития рельефа Дальнего Востока // Геоморфология и неотектоника горных областей Дальнего Востока. – Владивосток: ИТиГ ДВНЦ, 1977. С. 86-88.
5. Скрыльник Г.П. Термокарст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2018. № 11 (Ч. 2). С. 425-436.
6. Скрыльник Г.П. Развитие и уязвимость полярных ландшафтов в ходе возможного освоения территории Севера России // Успехи современной науки. 2017. №6. Том 2. С. 197-203.
7. Короткий А.М., Скрыльник Г.П. Катастрофические, экстремальные и типичные явления и процессы и их роль в развитии экзогенного рельефа Дальнего Востока // В сб.: Экзогенное рельефообразование на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 5-15.
8. Скрыльник Г.П. Некоторые вопросы динамики вечной мерзлоты и криоморфогенеза в связи с хозяйственной деятельностью на Северо-Востоке СССР // Сб.: Природа и Человек. Владивосток: Изд-во ТИГ ДВНЦ АН СССР. 1973. С. 112-117.
9. Крылов И.И., Скрыльник Г.П. Геоморфологическое зонирование территории природно-этнического парка «Берингия» (Восточная Чукотка) Актуальные проблемы современной географии. Вып. 11. Смоленск: Смоленский гуманитарный университет, 2003. С. 235-248.
10. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник РАН, 2002, №8, т. 72. С. 678-686.

11. Каплин П.А. Прогнозные карты устойчивости природных комплексов морских побережий в XXI веке / П.А. Каплин [и др.] // Вестник Моск. гос. ун-та. Сер. 5. География. 1995. № 1. С. 30-36.
12. Крылов И.И. Рельеф и устойчивость геосистем Восточной Чукотки / И.И. Крылов, Г.П. Скрыльник // Географические исследования на Дальнем Востоке: материалы науч. конф., посв. 150-летию образования РГО. Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 31-33.
13. Иванец Б.С. Естественные и антропогенные тенденции развития вечной мерзлоты Анадырской тундры / Б.С. Иванец, Р.В. Иванец, Г.П. Скрыльник // Природа и Человек. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 117-128.

## **МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ОБСКОЙ ГУБЫ В РАЙОНЕ ЗИМНЕГО ПРОМЫСЛА РЯПУШКИ**

*В.Б. Степанова, С.И. Степанов*

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень, ecology@gosrc.ru

Обская губа относится к числу крупнейших эстуариев мира. Ее водная площадь составляет 55,5 тыс. км<sup>2</sup>, объем воды – 445 км<sup>3</sup>. Это арктический водоем высшей рыбохозяйственной категории. Ввиду большой протяженности в меридиональном направлении (800 км) гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы значительно изменяются с юга на север. Вследствие этого эстуарий принято делить на три части: южную – от дельты Оби до линии, соединяющей мыс Круглый и мыс Каменный; среднюю – до линии соединяющей устье р. Тамбей и мыс Таран; северную – до выхода в Карское море.

Большую часть года (в среднем 250 суток) водоем находится подо льдом. В этот период питание рыб не прекращается, поэтому важной задачей является изучение кормовой базы сиговых рыб на местах их зимовки в средней части Обской губы. В подледный период основу питания рыб составляют организмы макрозообентоса, качественные и количественные характеристики которого представлены в настоящей работе.

Район наших исследований находится в средней части эстуария у западного (ямальского) берега Обской губы (69° с. ш. и 72°31'–72°44' в. д.). Это места зимнего промысла ряпушки (Рис. 1). Изучение зообентоса в подледный период проводилось в декабре 2010–2013, 2015, 2016, 2018 гг. Пробы отбирались дночерпателем Петерсена (0,025 м<sup>2</sup>), промывались через газ-сито № 23, живые организмы фиксировались 70 % этиловым спиртом. Камеральная обработка проводилась в отделе эколого-сырьевых исследований по общепринятым методикам [1].

Пробы зообентоса были отобраны на расстоянии от 1 до 8 км от берега на глубинах от 3,5 до 8 м, толщина льда составляла от 0,5–0,6 м. На мелководных станциях преобладали песчаные грунты с примесью детрита, на глубоководных – песчано-илистые с примесью глины. Вода была пресной.

Макрозообентос был представлен олигохетами семейства Tubificidae, двустворчатými моллюсками рода *Euglesa*, ракушковыми раками подкласса Ostracoda, высшими раками отрядов Mysidacea и Amphipoda, личинками двукрылых насекомых семейства Chironomidae. Личинок хирономид определено три вида: *Monodiamesa bathyphila* Kieff., *Potthastia campestris* Edw., *Paracladopelma camptolabis* Kieff., отмечены также личинки рода *Procladius* ранних возрастов. Отряд Mysidacea представлен одним видом – *Mysis relicta* Loven. Амфиподы относятся к разным эколого-биогеографическим группам [2, 4] *Onisimus birulai* (Gurjanova) является

прибрежным солоноватоводным (Brackish water coastal) видом, род *Micruropus* – байкальским, *Monoporeia affinis* Lindstrom и *Pontoporeia filicornis* Smith – реликтами морских трансгрессий (Glacial relicts). Последний вид по мнению Е.Ф. Гурьяновой [4], возможно представляет собой одну из форм *M. affinis*, уклонившуюся от эстуарной формы в условиях полного опреснения. В Обской губе *P. filicornis* отмечается нами с 2015 года и только в подледный период.

Во всех пробах зообентоса обнаружены амфиподы *M. affinis*, частота встречаемости *Micruropus* составляла 48 %, *P. filicornis* – 40 %, *O. birulai* – 36 %, мизиды отмечены только на одной станции (2010 г.). Из хирономид чаще всего встречались личинки *M. bathyphila* (56 %), частота встречаемости олигохет составляла 80 %, моллюсков – 48 %.

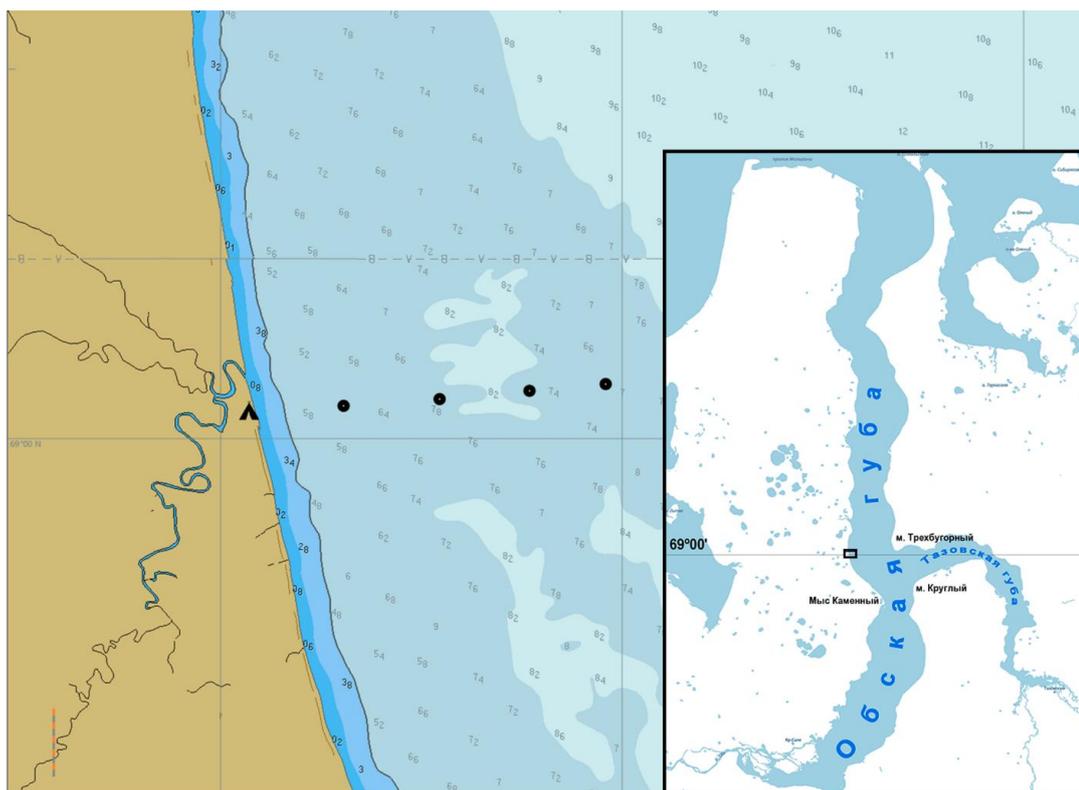


Рис. 3 – Карта-схема района исследований

Количественные показатели развития макрозообентоса в разные годы исследований представлены в Таблице 5. Плотность поселения донных организмов по станциям составляла 120–5760 экз./м<sup>2</sup>, среднегодовая численность – от 1350 до 5005 экз./м<sup>2</sup> (Рис. 4).

Таблица 5 – Количественные характеристики зообентоса

Годы исследований	Общая численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>			
		Oligochaeta	Bivalvia	Malacostraca	Insecta
2010	1260–5760	0,04–0,52	0,26–0,36	6,80–23,60	0,20–0,28
2011	3040–5700	0,44–3,00	0,04–0,14	7,42–13,08	0,06
2012	1640–3000	0,20–1,14	0,04–0,16	7,10–16,60	–
2013	120–4420	–	0,04–0,08	0,82–5,36	0,02–0,03
2015	260–5040	0,03–1,54	0,08	0,94–16,14	0,04
2016	640–1980	0,18–2,60	0,01	1,28–5,50	0,20–1,12
2018	500–3640	0,02–0,32	0,02–0,06	2,94–15,50	0,01–0,46

Доминирующей группой по численности чаще всего были высшие раки (78–98 % от среднегодовой величины и до 100 % численности на отдельных станциях). В 2015 г. на двух станциях преобладали олигохеты (66–65 %), в 2016 году также на двух станциях доминировали личинки хирономид (43–51 %) и олигохеты (47 %).

Величина биомассы зообентоса по станциям колебалась от 0,82 до 24,68 г/м<sup>2</sup>, среднегодовая – от 3,55 до 14,83 г/м<sup>2</sup> (Рис. 5). По биомассе также доминировали высшие раки (68–98 % от среднегодовой величины и до 100 % на отдельных станциях). На трех станциях преобладали олигохеты (53–59 %).

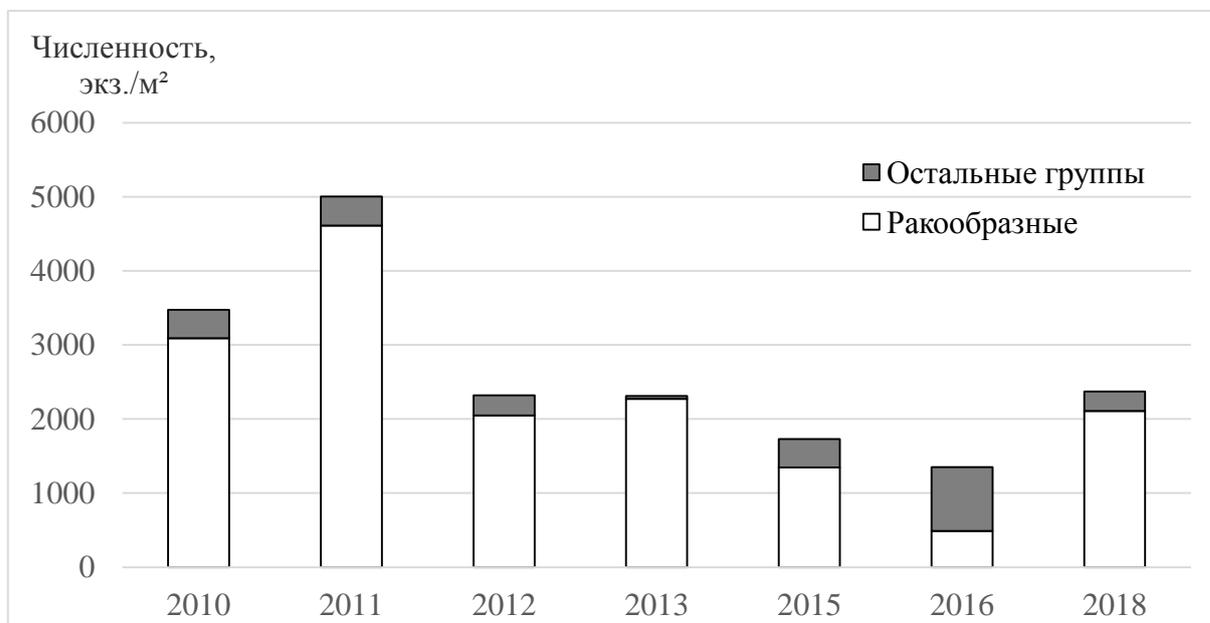


Рис. 4 – Среднегодовая численность зообентоса и ракообразных

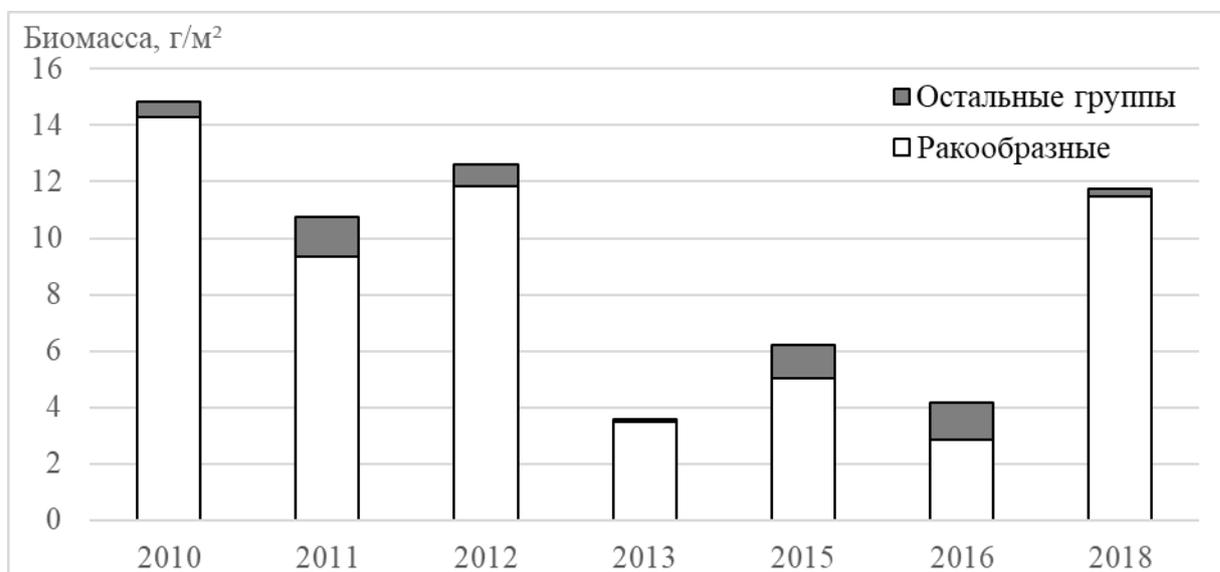


Рис. 5 – Среднегодовая биомасса зообентоса и ракообразных

Заиленные пески, преобладающие на глубоководных станциях, имеют более разнообразную и количественно богатую донную фауну, чем мелководные участки Обской губы с песчаными грунтами. Плотность поселения донных беспозвоночных на глубине 5,0–8,0 м в четыре раза выше, чем на мелководных станциях (3,5–4,5 м), а биомасса - в три раза выше. Двустворчатые моллюски обнаружены только на глубине 5,0–8,0 м, где их численность составляла от 20 до 260 экз./м<sup>2</sup>. Личинки хирономид и

олигохеты чаще всего встречались также на этих глубинах. Максимальная численность личинок хирономид достигала 1000 экз./м<sup>2</sup>, преобладали личинки *M. bathyphila* (до 800 экз./м<sup>2</sup>). Плотность поселения олигохет составляла от 20 до 900 экз./м<sup>2</sup>. Амфиподы встречались как на песчаных грунтах, так и на заиленном песке, но их численность и биомасса были выше в последнем биотопе. Среди высших раков наиболее многочисленными были бокоплавы *M. affinis* – до 5240 экз./м<sup>2</sup>, численность представителей рода *Micruropus* составляла 20–1420 экз./м<sup>2</sup>, *P. filicornis* – от 20 до 220 экз./м<sup>2</sup>, *O. birulai* – от 20 до 200 экз./м<sup>2</sup>.

Нами были рассчитаны величины средней массы особи четырех видов амфипод. Наибольшую массу в подледный период имели бокоплавы *O. birulai* – в среднем 15,3 мг (от 2,1 до 39,5 мг). Средняя масса рачков рода *Micruropus* составляла 8,0 мг (от 4,3 до 11,3 мг). Особи доминирующего в зообентосе вида *M. affinis* имели массу тела от 1,2 до 7,8 мг (в среднем – 4,4 мг), другой представитель этого рода *P. filicornis* был крупнее – от 3,5 до 10,0 мг (в среднем – 5,9 мг).

Полученные результаты показали, что у западного берега средней части Обской губы донная фауна не претерпела значительных изменений за последние 25–30 лет. Исходный таксономический состав остается неизменным, здесь также сохраняется реликтовая фауна ракообразных. Средние величины численности и биомассы макрозообентоса находятся в пределах многолетних значений [5]. Плотность поселения реликта *M. affinis* не уменьшилась по сравнению с периодом исследований 1983–1993 гг. [8].

Многолетние исследования макрозообентоса в подледный период в районе промысла ряпушки показали, что доминирующей группой являются амфиподы. Особенно велика роль реликтовых бокоплавов *M. affinis*, которые являются основным компонентом питания сиговых рыб в Обской губе [7–9].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 158-170.
2. Грезе В.Н. Основные черты гидробиологии озера Таймыр / Труды Всесоюзного гидробиологического общества. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. VIII. С. 183-218.
3. Тахтеев В.В., Сидоров Д.А. Разнообразие и распределение амфипод континентальных вод Северной Евразии / Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод. Кострома: ООО Костромской печатный дом, 2012. С. 102-107.
4. Гурьянова Б.Ф. Бокоплавы морей СССР и сопредельных вод / М.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 345-352.
5. Природная среда Ямала / Под ред. Арефьева С.П. / Тюмень: Изд-во Института проблем освоения Севера СО РАН, 2000. С. 61-72.
6. Степанова В.Б. Фауна реликтовых ракообразных (Malacostraca) Обской губы // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: 2003. Вып. 4. С. 97-105.
7. Брусынина И.Н. Питание муксуна и ерша из Обской губы / Биология промысловых рыб Нижней Оби. Свердловск: Труды ин-та биологии УФ АН СССР, 1966. С. 55-64.
8. Брусынина И.Н. К изучению пищевых отношений рыб Обской губы / Биологическая продуктивность водных организмов. Свердловск: 1970. С. 8-13.
9. Степанова В.Б., Степанов С.И. Значение реликтовых ракообразных в питании сиговых рыб в подледный период // Вест. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: 2005. № 6 С. 142-145.

## РТУТЬ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АРКТИЧЕСКИХ ОЗЕР (УСТЬЕ Р. ПЕЧОРА)

*Ю.Г. Тацый*

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, yutatsy@mail.ru

Исследования датированных колонок донных отложений из арктических озер для определения потоков и истории осадконакопления тяжелых металлов стали проводить с начала 90-х годов. Это в значительной степени обусловлено необходимостью понимания пространственных и временных трендов загрязнения в Арктике и путей воздействия на дикую природу и людей. Арктические озера являются чувствительными индикаторами глобальных изменений окружающей среды и климата, а также воздействия регионального и трансграничного переноса загрязняющих веществ. Донные отложения арктических озер, не подверженных прямым антропогенным воздействиям, являются своего рода палеоклиматическими и палеогеохимическими архивами, которые содержат информацию о биогеохимических процессах на водосборе и в самом водоеме, информативно отражают изменения окружающей среды.

Ртуть в Арктике является предметом отдельного интереса. Помимо того, что этот металл является элементом первого класса опасности, он является глобальным загрязнителем. Присутствуя в больших количествах в выбросах угольных тепловых электростанций и предприятий цветной металлургии, пары ртути, попадая в атмосферу, могут находиться в ней до полутора лет и переноситься на большие расстояния. К сожалению, опубликованных данных по ртути в донных отложениях арктических озер значительно меньше, чем по другим тяжелым металлам. В какой-то степени это связано с аналитическими проблемами определения низких содержаний ртути

Целью исследований является оценка динамики осадконакопления ртути и выявление возможного антропогенного вклада в период индустриальной деятельности.

Летом 2017 г. были отобраны колонки донных отложений из двух озер NARY1\_2 (на северо-восточной оконечности Малоземельской тундры) и NARY9\_1 (на о. Ловецкий в устье р. Печора). Оба озера находятся в зоне арктической тундры, для которой характерны большая длительность снегового покрова (около 10 месяцев) и короткое лето с низкими температурами (1–5°C). Основным источником питания тундровых озер являются атмосферные осадки и вода, образующаяся при сезонном оттаивании многолетнемерзлых пород.

Озера различаются как по размерам, так и по положению. Если NARY1\_2 площадью примерно 1.5 км<sup>2</sup> находится в 5 км от берега, то NARY9\_1 имеет вытянутую форму, площадь примерно 0.065 км<sup>2</sup>, находится на острове в лощине, примерно в 1.5 км от берега и может быть подвержено влиянию приливов.

Длина колонок для NARY1\_2 и NARY9\_1 составляла 8 и 10 см, соответственно. В полевых условиях колонки разрезали на слои толщиной 1 см (NARY1\_2) и 0.5 см (NARY9\_1). Обе колонки были послойно радиометрически датированы измерением активности изотопов <sup>210</sup>Pb и <sup>137</sup>Cs. Потери при прокаливании (п.п.п.) определяли выдерживанием проб в муфельной печи при температуре 550°C в течение не менее 2 часов (до постоянного веса). Для отдельных слоев выполнен гранулометрический анализ методом сухого ситования. Ртуть определяли из навески 20–100 мг (n=3) методом пиролиза из твердой пробы с предварительным накоплением на золотом коллекторе и регистрацией на АА спектрометре. Калибровку осуществляли по насыщенным парам ртути. Элементный состав донных отложений (63 элемента) после кислотного разложения проб определяли с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС).

Полученные данные по распределению ртути в колонках хорошо коррелируют с данными гранулометрии и потерь при прокаливании (Рис. 1). Различие в характере распределения объясняется различием в скоростях осадконакопления, которые были оценены по результатам датирования и составили для 0.055 ± 0.016 см/год (NARY1\_2) и 9\_1 0.20 ± 0.04 см/год (NARY9\_1). Фактически все 10 см колонки NARY9\_1 соответствуют верхним 2.5 см колонки NARY1\_2, и изменения концентраций ртути в этом диапазоне примерно совпадают.

Для NARY1\_2 более отчетливо выражено увеличение концентраций от нижних слоев к верху колонки, особенно в верхних 3 см. В той или иной степени это характерно для большинства элементов. Наибольшее увеличение концентрации наблюдается для Мо и Вi (>10 раз), Ni и As (8-9 раз), Cu (7), Zn (4). Характерно, что начало роста совпадает с концом 1940-х годов. С одной стороны, это может свидетельствовать об антропогенном влиянии, но с другой – значительное увеличение в верхних горизонтах органического вещества и значения концентраций, которые относительно невелики.

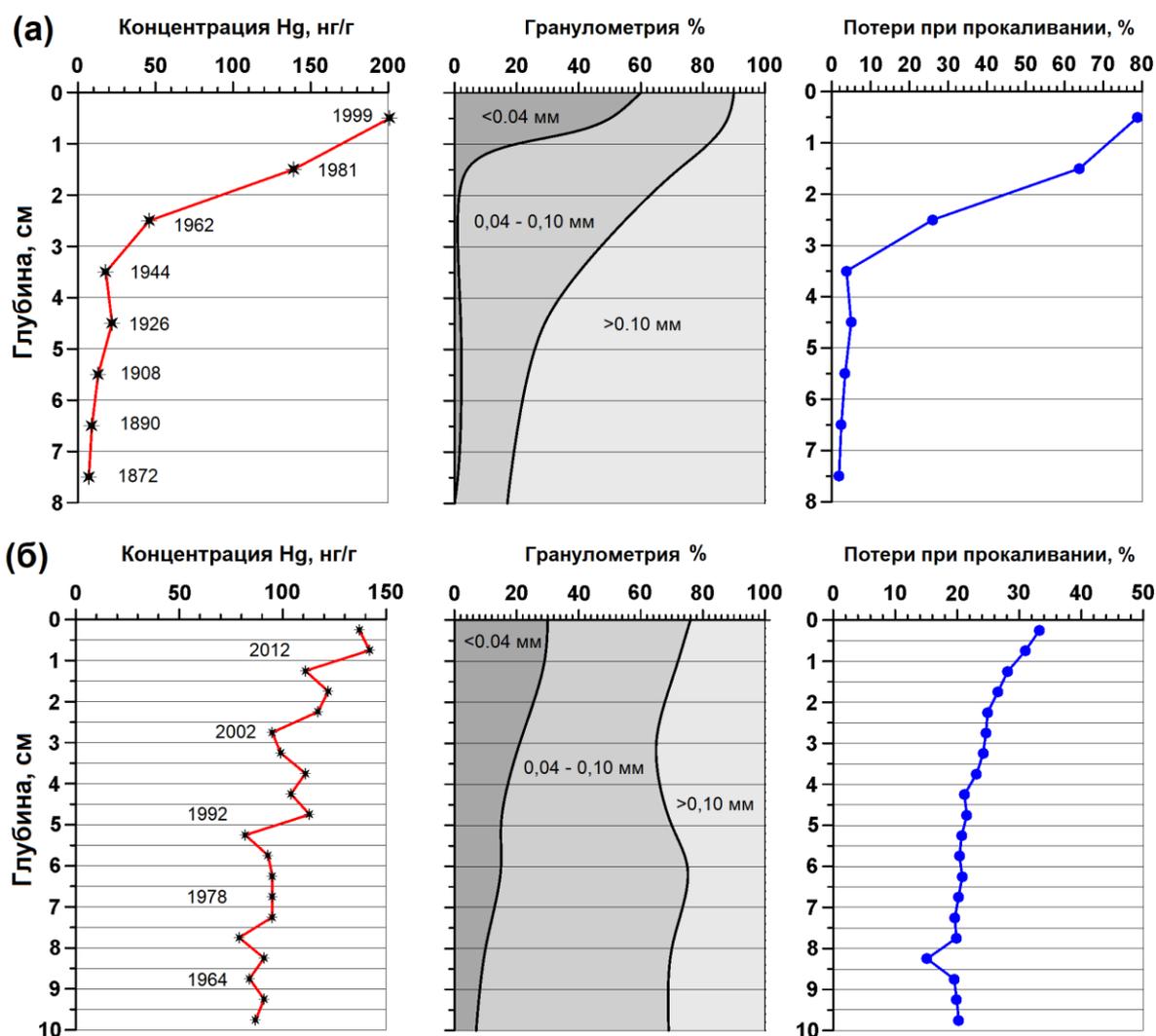


Рис. 1 – Распределение концентраций ртути, потерь при прокаливании, частиц по размеру и датирование по длине колонок из озер NARY1\_2 (а) и NARY9\_1 (б)

Несколько по-другому выглядит распределение элементов в колонке NARY9\_1. Здесь наблюдается рост в 5 раз Mn в верхних 3 см и рост в 3 раза As в верхних 1.5 см. Ртуть монотонно увеличивается примерно в 2 раза к верху колонки. Здесь не

наблюдается резкий рост органического вещества в верхних слоях, что можно объяснить, скорее всего, «молодостью» отложений и характером их образования.

Для обеих колонок характерно, что даже максимальные содержания не превышают содержания в земной коре и средние концентрации для осадочных пород (глинистые сланцы). Исключением является ртуть. Локальные фоновые содержания ртути в донных отложениях можно оценить по содержанию металла нижних слоях колонки NARY1\_2. Это значение составляет около 10 нг/г, а в верхнем слое концентрация 201 нг/г, т.е. рост примерно в 20 раз, что существенно выше, чем для других элементов. Это может свидетельствовать о поступлении ртути из атмосферы за счет трансграничного переноса. Источником также могут служить промышленный район г. Норильска и нефтегазовые комплексы Ямала (факельное сжигание газа).

Методом сухого ситования отдельные слои колонок были разделены на несколько фракций по размеру частиц: >0.5, 0.5–0.25, 0.25–0.1, 0.1–0.04 и <0.04 мм. Считается, что мелко дисперсные частицы в составе донных отложений могут содержать основную часть микроэлементов за счет большей площади поверхности частиц. В соответствии с этим, более высокое содержание самой мелкой фракции (<0.04 мм) в верхней части колонки, наряду с более высоким содержанием органического вещества, может объяснять более высокое содержание ртути в этой ее части. Однако для NARY1\_2 это оказалось справедливым лишь для самого верхнего слоя 0–1 см (доля этой фракции в общей концентрации в этом слое около 70%). В более глубоких слоях весовая и концентрационная доля этой фракции не превышает 10%. Представляет интерес появление в этих слоях незначительного количества (0.1–1.5%) самой крупной фракции (>0.5 мм), концентрации ртути в которой могут превышать 350 нг/г, что в 35 раз превышает условный фон (Рис. 2а). Остается пока под вопросом природа этих самых крупных частиц и причина повышения концентрации ртути в этой фракции с глубиной.

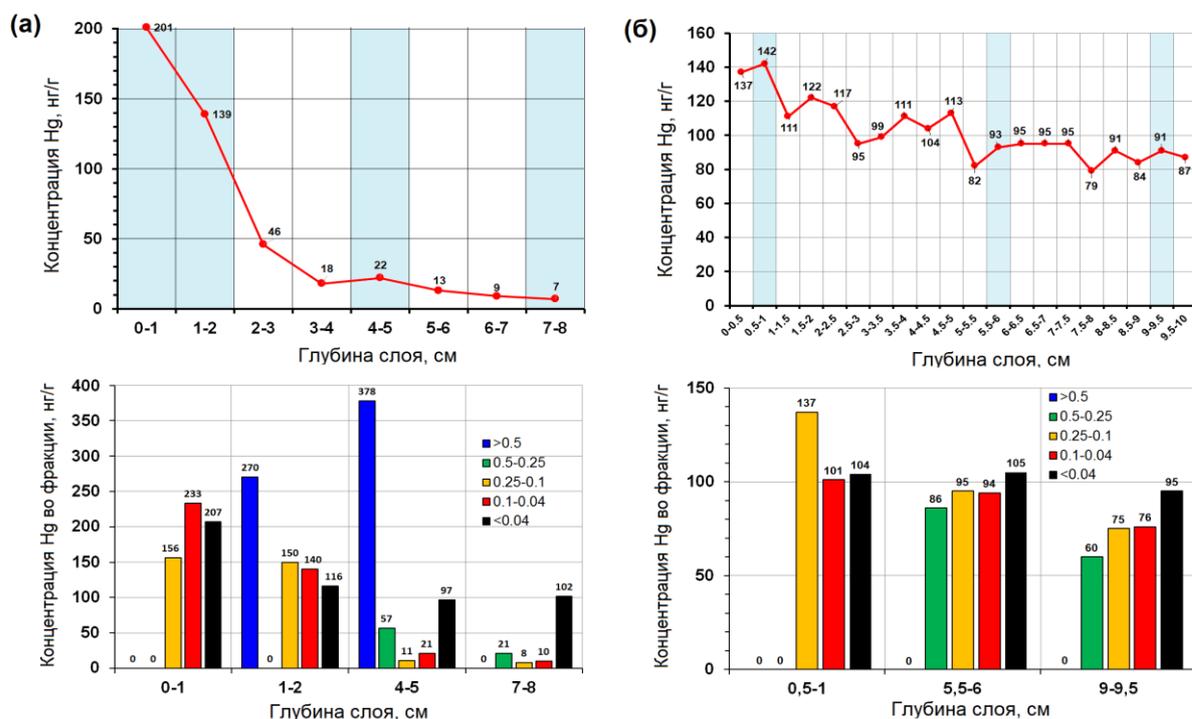


Рис. 2 - Концентрация ртути по фракциям с различным размером частиц в колонках из озер NARY1\_2 (а) и NARY9\_1 (б)

В колонке NARY9\_1 распределение по фракциям носит более «правильный» характер – с глубиной уменьшается доля самой мелкой фракции, увеличивается доля

фракции 0.1–0.04 мм при постоянстве фракции 0.25–0.1 мм и фактическом отсутствии более крупных фракций. Интересно, что для этой колонки характерны для всех горизонтов похожие концентрации ртути во всех присутствующих фракциях, несмотря на количественное весовое различие самих фракций. Характер распределения ртути и других элементов и органического вещества в этой колонке может свидетельствовать об относительно равномерном привносе терригенного вещества. Можно предположить, что формирование донных отложений в этом озере происходит в основном за счет веществ, выносимых р. Печора и попадающих в озеро во время приливов.

Послойный анализ двух колонок донных отложений показал, что распределение ртути существенно отличается от распределения других элементов существенно более сильным обогащением поверхностных слоев. Характер этого распределения в колонке NARY1\_2 совпадает как с началом индустриального периода (конец XIX века), так и с началом работы Норильского индустриального комплекса.

Обогащение поверхностного слоя отложений может быть обусловлено не только трансграничным переносом ртути, но и повышенным содержанием органического вещества в верхних горизонтах осадков.

Характер распределения ртути по длине колонок и распределение по фракциям с различным размером частиц показало, что не всегда общую концентрацию в слое определяет самая мелкая фракция.

В одной из колонок присутствуют крупные частицы (>0.5 мм) с высоким содержанием ртути, природа которых не ясна.

По ртути озера не являются фоновыми.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ Арктика № 18-05-60012*

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (VACCINIUM MYRTILLUS L.) В ЭКОТОННОЙ ЗОНЕ ВЫРУБКИ**

*Е.В. Торопова, В.В. Старицын*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, toropova\_e.v@list.ru

Вопрос изучения краевого эффекта достаточно актуален, о чем свидетельствует большое количество публикаций [3–5, 7, 11]. В рамках изучения его воздействия на растительность, была затронута проблема формирования урожая черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.) на границе лес-вырубка.

Данный кустарничек играет важнейшую роль в формировании травяно-кустарничкового яруса на Европейском севере. Черника предохраняет лесную почву от ветровой и водной эрозии [10]. Плоды черники обладают пищевой ценностью не только для многих видов таежных животных, но и для местных жителей. Благодаря содержанию биологически активных веществ (витаминов, дубильных веществ, антоцианов, микроэлементов) поды и побеги используются в медицине. В целях рационального использования и создания прогноза урожайности ягодников необходимо учитывать особенности экотонных зон.

Урожайность черники изучалась в подзоне средней тайги (Холмогорский район, Архангельской области) на границе леса и вырубки через 6 лет после сведения древостоя. Для оценки состояния популяции черники согласно методике [8] параллельно кромке ельника чернично-зеленомошного закладывались пять трансект: на

участке вырубке в 100 метрах от кромки леса (№ 1), на расстоянии 4 метров от кромки на вырубку (№ 2) и в глубь леса (№ 3), 20 и 100 метров в лес от кромки (№ 4 и № 5, соответственно). На трансектах в шахматном порядке откладывались 25 учетных площадок, размером 50×50 см. На каждой площадке во время цветения подсчитывалось количество парциальных кустов, цветов, определялось онтогенетическое состояние побегов. В данном случае при изучении популяций черники счетной единицей являются – раметы (самостоятельные по световому и корневому питанию, но соединенные между собой особи).

Для оценки урожайности в период полного созревания плодов проводился их сплошной сбор (50 учетных площадок, размером 50×50 см) и взвешивание в трехкратной повторности. Все полученные данные пересчитывались на единицу площади (метр квадратный), они представлены в Таблице 1.

Таблица 1 — Показатели продуктивности черники по трансектам

Показатель	Номер трансекты				
	1	2	3	4	5
Плотность побегов, шт./м <sup>2</sup>	203±23	144±20	133±19	121±20	173±14
Количество цветков, шт./м <sup>2</sup>	9,8±5,1	68,0±22,2	131,4±25,4	177,8±32,9	131,7±21,9
Количество плодов, шт./м <sup>2</sup>	0	0,16±0,11	4,88±1,19	15,76±4,07	24,48±3,72
Масса плодов, г/м <sup>2</sup>	0	0,01±0,00	0,99±0,34	2,07±0,56	2,54±0,44
Масса одной ягоды, г	0	0,03±0,00	0,18±0,02	0,13±0,02	0,10±0,01

При изучении ценопопуляции черники определялась плотность (число особей на единицу площади). Она вычисляется по формуле:

$$D=N/P,$$

где D – популяционная плотность; N – число особей; P – площадь.

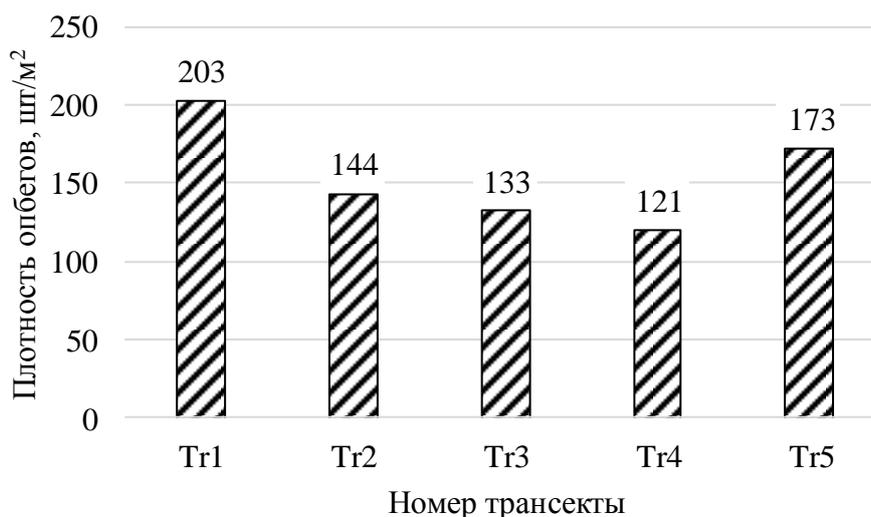


Рис. 1 – Плотность побегов черники обыкновенной на трансектах, (шт./м<sup>2</sup>)

На вырубке плотность максимальная (203 шт./м<sup>2</sup>), на опушке она снижается и вновь возрастает в лесу до (173 шт./м<sup>2</sup>) (Рис. 1). Возможно, в зоне опушки чернике недостаточно влаги [9], так как освещенность здесь более высокая, чем в лесу, а часть

осадков задерживается кронами и потребляется большим количеством растений-конкурентов, чем на вырубке.

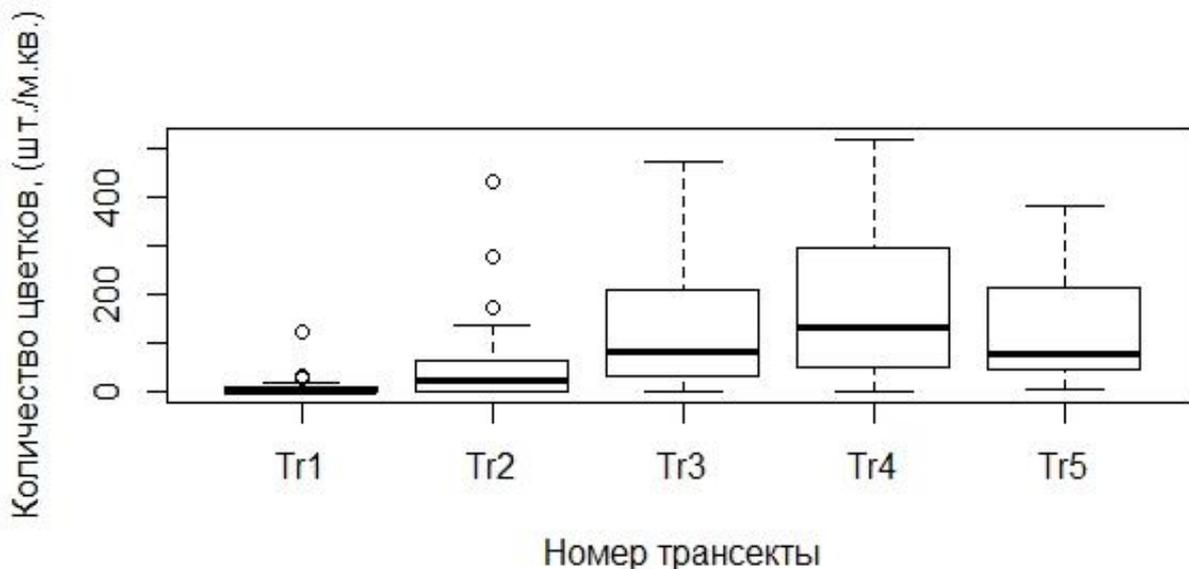


Рис. 2 – Количество цветов черники обыкновенной на трансектах, (шт./м<sup>2</sup>)

Максимальное количество цветов черники приурочено к трансекте № 4. Их количество сокращается, как в сторону вырубке, так и вглубь леса (Рис. 2). На вырубке (трансекта № 1) встречались единичные цветки. Такое необильное цветение черники связано с низкими температурами в период формирования и повреждением верхушек побегов животными и птицами.

В работе Курлович и др. [6] для прогноза урожайности по данным пересчета цветков, приводится формула:

$$Y = 10 * \frac{n * m}{100} * 4 K_{цв},$$

где

Y – прогнозируемая урожайность, кг/га;

n – среднее количество цветков (завязей), шт./м<sup>2</sup>;

m – среднемноголетняя масса одной ягоды, г;

K<sub>цв</sub> – коэффициенты среднемноголетней продуктивности цветения, %.

Коэффициенты продуктивности цветения и завязывания плодов представляют собой соответственно отношение количества цветков или завязей, развившихся в спелые ягоды, к общему количеству цветков или завязей. В подзонах северной и средней тайги европейской части России K<sub>цв</sub> черники – 50 % [6].

Прогнозная урожайность для леса составила 792 кг/га, реальная 254 кг/га. Можно сделать вывод о том, что прогнозные значения дают завышенные данные.

Процентый выход количества плодов от числа цветков довольно низкий от 0% на вырубке до 8,9–18,6% в лесу. В зоне опушки 0,2 и 3,7%. По литературным данным для черники он составляет 5–18% [12]. Таким образом в лесу этот показатель сопоставим с ними, а на опушке и вырубке гораздо ниже. Это, скорее всего, связано с высокими амплитудными значениями температуры воздуха на вырубке и опушке, т.е черника здесь подвержена, как заморозкам, так и перегреву (выгоранию).

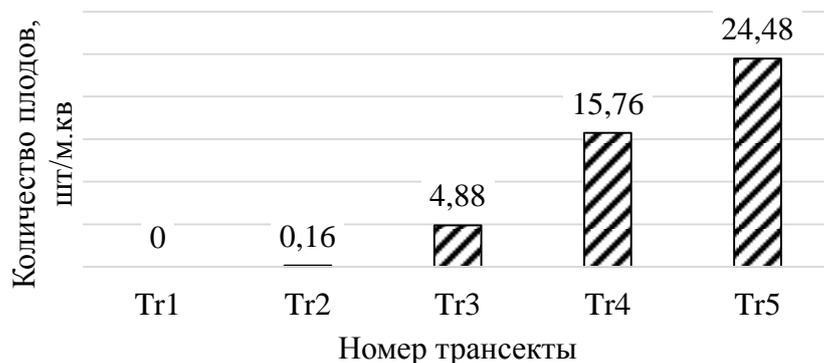


Рис. 3 – Количество плодов черники обыкновенной на трансектах, (шт./м<sup>2</sup>)

Количество плодов черники на единицу площади увеличивается от 0 на вырубке до 25 в глубине леса. На всей трансекте № 2 в 4 м от стены леса было собрано всего 2 ягоды. В прилегающей к опушке части леса (трансекты 3 и 4) число плодов черники на единицу площади составляет соответственно 5 и 16 штук (Рис. 3).

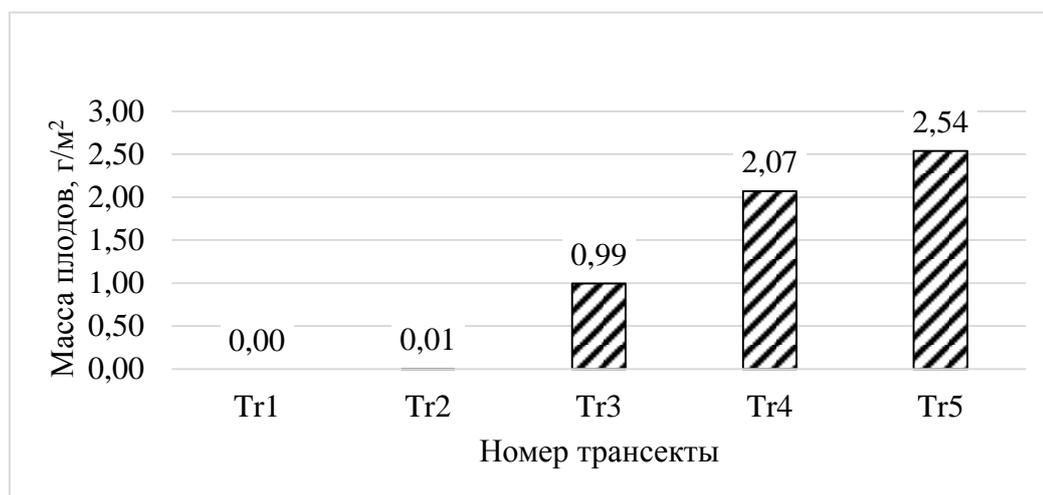


Рис. 4 – Масса плодов черники обыкновенной на трансектах, (г/м<sup>2</sup>)

Важнейшим показателем является урожайность. На вырубке плодоношение практически отсутствует. Максимальная масса плодов была собрана в глубине леса на трансекте № 5 и составляет 2,54 г/м<sup>2</sup>. На опушке урожайность изменяется от 0,01 до 0,99 г/м<sup>2</sup>. (Рис. 4).

По литературным данным урожайность черники в ельниках среднетаежной зоны значительно колеблется от 27±7 кг/га до 237±7 кг/га, достигая максимума на вырубках 547±14кг/га [2]. Полученные данные сравнимы для леса и значительно меньше на вырубке.

В европейской части России среднегодовалая масса ягоды черники – 0,3 г [6]. Масса одной ягоды имеет минимальные значения на открытой вырубке и трансекте № 2 в 4 м от кромки. Максимальный вес одной ягоды черники на трансектах № 3 и № 4, в 4 и 20 м от стены леса (Рис. 5). Ранее нами была отмечена максимальная урожайность на трансекте № 5. Наши результаты подтверждают тезис о том, что улучшение плодоношения черники связано с увеличением числа ягод и в меньшей - с изменением веса отдельных ягод [1].

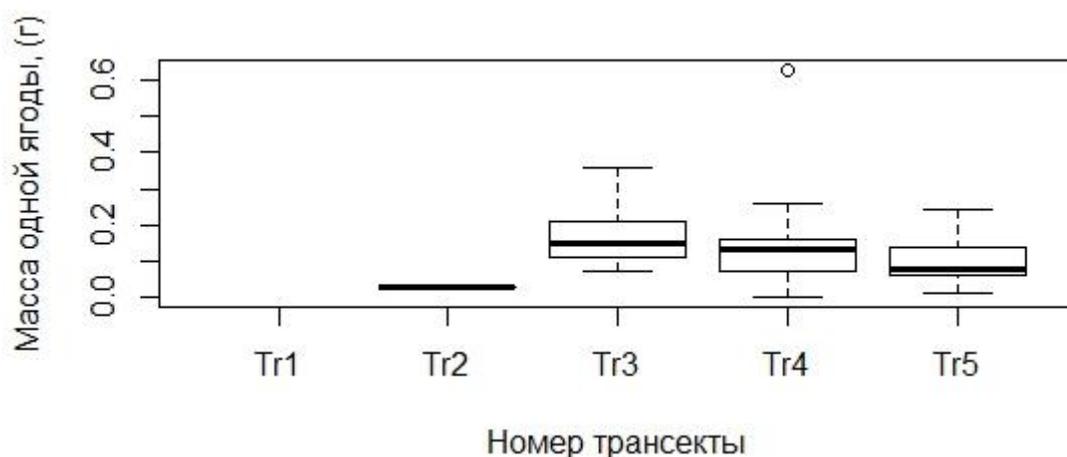


Рис. 5 – Масса одной ягоды черники обыкновенной на трансектах, (г.)

Приведенные выше данные показывают, что в условиях северной тайги урожайность черники на границе леса и вырубке не зависит от плотности побегов черники. Цветение в опушечной зоне достаточно интенсивно. Количество и масса плодов увеличивается при движении в глубь леса. Увеличение массы отдельной ягоды не приводит к росту урожайности. Классические методы прогноза урожайности черники дают завышенные показатели в экотонной зоне.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН «Изучение межгеосферных процессов в районах тектонических структур и узлов их пересечений в геологических условиях древних платформ на примере Архангельской области» (№ АААА-А18-118012390305-7) и «Экологические и социо-культурные факторы сохранения биоразнообразия и традиционного природопользования на Европейском Севере и в Арктике» (№ АААА-А17-117122990042-2).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астрологова Л.Е. К вопросу об урожайности черники в сосняке черничном средней зоны тайги // Известия вузов. Лесной журнал. 1978. № 4. С. 148-150.
2. Баландина Т.П., Вахрамеева М.Г. Черника обыкновенная / Биологическая флора Московской области. М.: 1980. Вып. 5. С. 132-142.
3. Бурова Н.В., Тараканов А.М., Дроздов И.И. и др. Влияние опушечного эффекта на состояние отдельных компонентов лесных биогеоценозов // Вестн. Моск. гос. унив. леса – Лесной вестник. 2012. № 4 (87). С. 19-22.
4. Геникова Н.В., Торопова Е.В., Крышень А.М. Реакция видов напочвенного покрова ельника черничного на рубку древостоя // Труды Карельского НЦ РАН. 2016. № 4. С. 92-99.
5. Геникова Н.В., Торопова Е.В., Крышень А.М., Мамонтов В.Н. Изменение структуры напочвенного покрова в экотонном комплексе «лес - опушка - вырубка» в условиях ельника черничного через 10 лет после рубки // Труды Карельского НЦ РАН. 2018. № 10. С. 12-26.
6. Курлович Л.Е., Панков В.Б., Кивилева И.М. Методическое обеспечение специальных работ по определению запасов пищевых и недревесных лесных ресурсов, лекарственных растений // Лесохозяйственная информация. 2014. №3. С. 57-62.
7. Кучерова С.В., Миркин Б.М. О методах анализа опушечных экотонов // Экология. 2001. № 5. С. 339-342.
8. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИХимииСПбГУ, 2002. 240 с.

9. Панин И.А., Залесов С.В. Ресурсы ягодных растений ельников нагорного типа леса на склонах северной и южной экспозиций горы Косьвинский камень. Аграрный научный журнал. 2016. № 8. С. 43-47.
10. Стацкявичене Э.И. Биологические и биохимическая характеристика черники (*Vaccinium myrtillus* L.) в Литве: дис. ... канд. биол. наук: Вильнюс, 1992. 147 с.
11. Феклистов П.А., Филиппов Б.Ю., Болотов И.Н., Кононов О.Д., Горбик Д.Н. Экотонные зоны в лесных экосистемах северной тайги // Вест. Сев. (Аркт.) фед. унив. Серия: Естеств. науки. 2011. № 4. С. 102-105.
12. Черкасов А.Ф. Сравнительный анализ некоторых способов прогнозирования фенофаз и урожая дикорастущих плодово-ягодных растений // Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1975. С. 8-26.

### **РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТАКСАЦИИ ПРИТУНДРОВЫХ ЛЕСОВ И РЕДКОСТОЙНОЙ ТАЙГИ В СУХОПУТНОЙ ТЕРРИТОРИИ АРКТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*С.В. Третьяков<sup>1,2</sup>, С.В. Ярославцев<sup>1</sup>, С.В. Коптев<sup>1,2</sup>, А.С. Ильинцев<sup>1,2</sup>, И.В. Цветков<sup>1</sup>,  
А.П. Богданов<sup>1,2</sup>, С.В. Торхов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Архангельск, s.v.tretyakov@narfu.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

<sup>3</sup>Архангельский филиал ФГБУ «Рослесинфорг», г.Архангельск

Совершенствование лесотаксационных нормативов для таксации притундровых лесов и редкостойной тайги, расположенных на территории Арктической зоны Российской Федерации, является важной и своевременной задачей. Это связано с тем, что повышение интереса к природным ресурсам Арктики и планируемое их интенсивное освоение требует проведения оценки и учета всех биологических ресурсов. Для организации рационального использования всех имеющихся биологических ресурсов без ущерба экологии необходимо иметь данные о их количественных и качественных параметрах. Многообразие полезностей, которые дают лесные экосистемы необходимо использовать в полной мере, так как эти ресурсы в отличие от минеральных ресурсов могут восстанавливаться при правильном ведении лесного хозяйства. Вместе с тем необходимо постоянно контролировать процесс освоения многообразных ресурсов и вести мониторинг воздействия промышленного пресса на ранимые лесные экосистемы Арктической территории Российской Федерации.

Особенно важно в условиях глобального изменения климата иметь данные об изменениях в структуре и полезных свойствах лесных и нелесных ресурсов и возможности их вовлечения в хозяйственный оборот. Иметь критерии оценки возможных последствий воздействия на среду. Такие данные необходимы, так как в ряде случаев изменения лесных экосистем в результате воздействия промышленного комплекса могут быть необратимыми. Восстановление притундровых лесов процесс длительный и трудно прогнозируемый. В суровых условиях Арктики при коротком вегетационном периоде не происходит вызревание семян у хвойных пород, затруднено прорастание семян при развитии процессов формирования торфянистых почв, подстилаемых вечной мерзлотой.

Для научного обеспечения рационального использования природных ресурсов лесных экосистем, расположенных на сухопутной территории Арктики, были поставлены следующие задачи:

- провести исследования по разработке лесотаксационных нормативов для криволинейных и редколинейных насаждений Европейского севера России;
- собрать комплекс информационных и нормативных материалов для оценки строения и продуктивности притундровых лесов и редколинейной тайги;
- разработать параметры отнесения криволинейных и редколинейных насаждений к покрытой лесом площади;
- провести анализ существующей нормативной базы с целью отбора, разработки и унификации лесотаксационных показателей для учета, оценки состояния и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород для зоны притундровых лесов и редколинейной тайги в пределах сухопутной территории Арктики Российской Федерации;
- провести анализ имеющихся лесотаксационных нормативов для формирования специального Лесотаксационного справочника для сухопутной территории Арктики Российской Федерации.

Исходными данными для проведения исследовательских работ являются материалы постоянных и временных пробных площадей в насаждениях разного породного состава, полноты и запаса, а также существующие лесотаксационные нормативы для таксации основных лесобразующих пород зоны притундровых лесов и редколинейной тайги в северных регионах Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Пробные площади закладывали с учетом «ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустраительные. Метод закладки» [1]. Стандарт предусматривает закладку прямоугольных и близких к ним по форме пробных площадей, ограниченных визирами. После закладки пробных площадей производят первичную обработку полевых материалов, которая заключается в вычислении таксационной характеристики древостоя. При обработке используют методические и теоретические рекомендации [2–4].

Так по данным А.В. Галанина (Биолого-почвенный институт ДВО РАН) по результатам исследований 1993–1997 гг. в южной части Чукотского АО выделена формация темнохвойных лесов из кедрового стланика. Южная Чукотка относится [9] к Анадырско-Корякской провинции Бореальной циркумполярной флористической области. «...на севере Корякского нагорья кедровый стланик образует две биоморфы: стланик куст (диаметр стволов близ основания до 8 см, длина ствола с ветвями до 1,5 м, высота куста летом до 1,5 м) и стланик дерево (диаметр ствола близ основания до 40 см, длина ствола с ветвями до 13 м, высота куста летом до 4,0 м). В первом случае формируются кустарниковые тундры с участием кедрового стланика, а во втором темнохвойные стланиковые леса» [5].

Проведен анализ параметров криволинейных и редколинейных насаждений, произрастающих на островных (о. Соловецкий) территориях сухопутной зоны Арктики. Березовые насаждения имеют широкое распространение на Соловецких островах. У деревьев, произрастающих в прибрежной части, обращает на себя внимание сильная искривленность стволов. Это затрудняет определение их объемов при проведении таксационных работ. В связи с этим были проведены исследования формы и объемов стволов березы. В качестве исходных данных использовались срубленные в ходе полевых исследований модельные деревья, а также некоторые материалы Архангельской лесоустраительной экспедиции (сейчас Архангельский филиал ФГБУ «Рослесинфорг»).

Были вычислены коэффициенты криволинейности ствола, коэффициенты формы и видовые числа, определен объем ствола по сложной секционной формуле. Для определения коэффициента криволинейности стволов было взято 81 модельное дерево, у которых замерялись высота растущего дерева от земли до верхушки и длина срубленного ствола рулеткой, повторяющей его изгибы. Установили, что коэффициенты криволинейности ствола изменяются от 1,00 (длина ствола и высота равны) до 1,92 (крайнее значение). Разделив все обмерянные модельные деревья на 3 равномерных категории слабо искривленные от 1,0 до 1,10 средне искривленные от 1,11 до 1,20 и сильно искривленные от 1,21 до 1,92. Данные ступени были выделены исходя из правил таксации, когда при расхождении значений объемов более чем на 10 % вводятся поправочные коэффициенты.

Полученные данные показывают, что около 54 % моделей обладают слабой искривленностью и только у 18,5 % исследуемых деревьев степень искривления ствола превышает 1,21. При визуальном наблюдении данных древостоев степень искривленности их стволов кажется высокой. Следовательно, при глазомерной таксации надо соблюдать осторожность в оценке криволинейности стволов. Анализ распределения объема по секциям показывает, что до 60 % объема сосредоточено в нижней трети ствола, а на центральную и верхнюю части приходится менее 30 % при низких величинах объема в целом. Таким образом использование таблиц объемов столов по разрядам высот [6] дает занижение объема ствола. При этом отклонение от истинных значений, может колебаться от 10 % до 59 % по отдельным деревьям. Обращает на себя внимание тот факт, что имеет место систематическое занижение объема ствола, за исключением одного случая. Систематическая ошибка в определении объема составляет  $0,0018 \text{ м}^3$ , на такую величину, в среднем, вычисленные значения отличаются от истинных. Следовательно, при определении объема ствола через старое видовое число можно рекомендовать вводить поправку на величину систематической ошибки [7].

Таким образом, у березы, сформировавшей в насаждениях прибрежной полосы Большого Соловецкого острова, стволы, имеющие слабоискривленную форму, составляют более половины (54 %), а доля сильно искривленных стволов составляет 18,5%. Это необходимо учитывать при проведении глазомерной таксации этих насаждений. Исследования показали, что в целом формируются малосбежистые и среднесбежистые стволы ( $q_2$  находится в пределах 0,57–0,86). Однако в нижней части стволов их диаметр резко увеличивается (среднее значение  $q_0$  составляет 1,46). Объемы стволов березы довольно малы и продуктивность насаждения в целом не велика, однако следует отметить, что для поддержания в равновесии уникальной природной среды Соловецких островов эти насаждения очень важны. Они первыми принимают на себя удары суровых Арктических ветров и благодаря выработанным в процессе эволюции приспособлениям (искривление стволов, резкое увеличение диаметра у шейки корня) они устойчивы к неблагоприятным факторам среды. Насаждения березы криволинейной не имеют большого значения с технической точки зрения, но они имеют важное рекреационное значение, так как располагаются в непосредственной близости от моря на участках, часто посещаемых людьми. Подробно таблицы для таксации насаждений островных территорий Арктической зоны (Соловецкого архипелага) приведены в книге Соловецкий лес [8].

Для разновозрастных редкостойных древостоев лиственницы Гмелина (даурской) для Среднесибирского района притундровых лесов и редкостойной тайги (Хатангское участковое лесничество Таймырского лесничества), разработаны А.И. Бондаревым (Институт леса им В.Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН) [9–11].

Таблица 1 – Распределение нормативов по разделам справочника и по лесным районам

№	Раздел справочника	Во всех районах	Лесные районы							
			Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации	Северо-таежный район европейской части Российской Федерации	Карельский северо-таежный район	Западно-сибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги	Среднесибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги	Среднесибирский плоскогорный таежный район	Восточно-Сибирский район притундровых лесов, лесотундры и редкостойной тайги	Дальневосточный район притундровых лесов и редкостойной тайги
1	Таксация отдельных деревьев и древостоев на пробных площадях	8	14	5			10			1
2	Лесоинвентаризационные работы,	1	4							
3	Таксация насаждений	1		13						2
4	Ход роста древостоев		6	2						
5	Строение древостоев		2				5			
6	Сортиментные таблицы		1	5	2					
7	Товарные таблицы		3	3	2					
8	Таксация вырубок и гарей			2						
9	Учет пищевого, кормового, лекарственного и технического сырья	3	4	14		2	1		2	
10	Проектирование хозяйственных мероприятий			4						
Итого		13	34	48	4	2	16	-	2	3

В Таблице 1 приведен перечень нормативов, включенных в первое издание «Лесотаксационного справочника для сухопутной территории Арктики Российской Федерации» и показано распределение нормативов по разделам справочника и по лесным районам.

Анализируя Таблицу 1, следует отметить, что наименее обеспеченные нормативными документами малонаселенные сибирские районы, что безусловно связано с отсутствием инфраструктуры, экстенсивным ведением лесного хозяйства и слабым развитием лесопользования и лесоперерабатывающих производств.

В заключение следует отметить, что в разработанном «Лесотаксационном справочнике для сухопутной территории Арктики Российской Федерации» приведены результаты исследований насаждений на сухопутной территории Арктики в материковой и островной частях лесов, расположенных на границе с безлесными пространствами, существенно отличаются по своим морфологическим, биометрическим и таксационным показателям от растущих в сомкнутых насаждениях. Для их таксации необходимы специальные нормативы. Проведенные исследования позволяют выявить закономерности, которые следует учитывать при проведении лесотаксационных работ в насаждениях, территориально отнесенных к сухопутной зоне Арктики.

Имеются существенные различия в породном составе насаждений, расположенных на западе и востоке страны, видовом разнообразии редкостойных и притундровых лесов. Сформирован комплекс нормативно-технических документов для оценки состояния и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород, произрастающих в пределах сухопутной территории Арктики.

Собраны нормативные материалы для разработки Лесотаксационного справочника по Европейской и Азиатской части сухопутной зоны Арктики Российской Федерации.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания Рослесхоза на 2016-2017 гг. (регистрационный номер НИОКТР АААА-А17-117030110097-2).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИГослесхоза СССР. 60 с.
2. Соколов Н.Н. Методические указания к дипломному проектированию по таксации пробных площадей. / Архангельск, АЛТИ, 1978. 44с.
3. Гусев И.И., Калинин В.И. Лесная таксация. Учебное пособие к проведению полевой практики. / Л., ЛТА, 1988. 61с.
4. Гусев И.И., Соколов Н.Н. Нормативы таксации таежных лесов. Архангельск: Издательство АГТУ, 2003. 60 с.
5. Галанин А.В. Беренгийская формация темнохвойных стланиковых лесов из PINUS PUMILA (PALL.) REGEL на севере Корякского нагорья / Материалы международной конф. «Структура и динамика таежных экосистем», Сыктывкар, 1998. С. 16-17.
6. Лесотаксационный справочник по северо-востоку Европейской части Российской Федерации: (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми)» / Федер. агентство лесного хоз-ва, ФБУ «Сев. науч.-исслед. Ин-т лесного хоз-ва»; [сост.: канд. с.-х. наук Войнов Г.С. и др.]. – Архангельск.: ОАО ИПП «Правда Севера», 2012. 672 с.

7. Торхов В.А., Торхов С.В., Третьяков С.В. Форма стволов березы в прибрежной полосе Большого Соловецкого острова Сборник материалов II Всероссийской научной конференции 8-11 декабря 2008 г. «Проблемы мониторинга природной среды Соловецкого Архипелага», Архангельск, ИЭПС, 2008. С. 70-72
8. Ипатов Л.Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.И., Торхов С.В. Соловецкий лес. / Под редакцией Л.Ф. Ипатова. Архангельск, ГУП «Соломбальская тип.», 2005. 223 с.
9. Бондарев А.И. Строение и структура древостоев / Леса Красноярского Заполярья. Новосибирск: Наука, 1997, С. 96-145.
10. Бондарев А.И. Особенности возрастной структуры лиственничников севера Средней Сибири / Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. Трудов, Красноярск, КГТА, 1994, С. 115-122.
11. Бондарев А.И. Строение и нормативы таксации притундровых лесов северо-востока Красноярского края //Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.- х. наук, Красноярск: КГТА, 1995, 20 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПОСЕЛКА СОЛОВЕЦКИЙ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

*А.Н. Трофимова, В.П. Евдокимова, Л.Ф. Попова, Ю.И. Варакина, И.В. Третьяк*  
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, AnanasAnyu@yandex.ru

В настоящее время окружающая среда Соловецкого архипелага подвергается значительному антропогенному воздействию в связи с тем, что увеличился туристический поток на данную территорию, но при этом остается недостаточным мониторинг и научное изучение природно-биологической среды Соловецких островов [1]. Одним из основных факторов, с которым необходимо считаться при планировании развития туризма, является сохранение природного наследия, что сопряжено с необходимостью соблюдения ограничений антропогенного воздействия на природную среду Соловецкого архипелага. Возрастающая рекреационная нагрузка, приводящая к увеличению антропогенной нагрузки на почвенный покров, предполагает рассмотрение его в качестве объекта мониторинга. Проведение частичного мониторинга окружающей среды на территории Большого Соловецкого острова стало возможным в рамках ряда научно-образовательных программ САФУ им. М.В. Ломоносова [2].

Под экологическим состоянием почв понимается степень их соответствия природно-климатическим условиям почвообразования и пригодности для существования естественных и антропогенных экосистем. Для его оценки используется целая система агрохимических, физико-химических и биологических свойств почв.

Определить степень токсичности почвы можно с помощью метода биотестирования. Для этих целей применяется биотест на фитотоксичность (фитотест), который способен адекватно реагировать на экзогенное химическое воздействие, что проявляется в морфологических и физиологических изменениях при росте и развитии растений. Фитотест информативен, высоко чувствителен, характеризуется стабильностью получаемых результатов. Фитотестирование как метод мониторинга почв является более интегральным методом анализа, позволяющим оценить фитотоксичность почв. Для такого анализа используются различные тест-растения, которые реагируют на неблагоприятные изменения в почве, воздухе и в других средах. При этом различные виды растений обладают различной чувствительностью к фитотоксикантам [3].

В рамках образовательного проекта «Комплексное развитие территории с уникальным природным и историко-культурным наследием на примере Соловецкого архипелага» (Летняя школа САФУ на Соловках) был произведен отбор почвенных образцов. Места отбора проб с их координатами представлены в Таблице 1.

Таблица 1– Места отбора почв в п. Соловецкий

Место отбора почв	Координаты	Период отбора почв
Автозаправочная станция	N65.01'225" E 035.43'197"	2016
Свалка	N65.01'181" E 035.43'005"	2017
Сухой док	N65.01'220" E 035.42'301"	2016 2017

Для выявления зон с наибольшей антропогенной нагрузкой в первую очередь определили и зафиксировали перечень потенциальных источников загрязнения территории. На территории п. Соловецкий к ним относятся: гидротехническое сооружение – морской водоналивной док (Сухой док), который сейчас используется в качестве места стоянки маломерных судов, автозаправочная станция и находящиеся на ней резервуары для хранения и продажи бензина А-92 и дизельного топлива, а так же свалка бытовых отходов.

Все почвенные образцы были отобраны из поверхностного слоя (0-20 см) и подготовлены согласно стандартной методике [4].

В качестве тест-объектов были использованы семена однодольных (овес *Avena sativa*) и двудольных растений (кресс-салат *Lepidium sativum*). Субстратом послужили водные вытяжки почв (в отношении почвы к воде 1 : 4), при длительности экстракции 1 час. В чашки Петри помещали по 25 семян тест-культур между слоями фильтровальной бумаги, которую смачивали почвенной вытяжкой. Чашки Петри помещали в термостат, где поддерживалась температура 25°C, на 3 суток [5].

В качестве контроля использовались естественная почва без явно выраженной антропогенной нагрузки, находящаяся в лесополосе на некотором удалении от поселка, и питательная смесь Кнопа.

В ходе опыта фиксировались количественный показатель – энергия прорастания семян, а также биометрические показатели такие как, длина 1 элоптиля (у однодольных) и гипокотилия (у двудольных). Все исследования проводились в трех повторностях и были статистически обработаны.

Уровень фитотоксичности исследуемых почв оценивали по ингибированию определяемых показателей по сравнению с таковыми у растений, выращиваемых на контрольных вытяжках (Табл. 2).

Таблица 2 – Шкала оценки степени фитотоксичности почв [6]

Разница между показателями исследуемой почвы и контроля	Степень фитотоксичности
0–10%	Экологически чистая почва
10–30%	Слабая степень
30–50%	Средняя степень
Выше 50%	Высокая степень

Данные, полученные при использовании различных контрольных вариантов, в целом совпадают. Поэтому далее представляются результаты, полученные с использованием смеси Кнопа в качестве контроля.

Определение степени фитотоксичности почв по энергии прорастания (Рис. 1 и 2) показало, что на всех исследуемых территориях преобладают почвы со средней степенью фитотоксичности (около 80% ПП). На территории АЗС и Свалки обнаружены так же почвы с высокой степенью фитотоксичности.

Семена кресс-салата (Рис. 1) оказались более чувствительными к токсикантам, содержащимся в почвенных вытяжках. Показатели энергии прорастания этих семян приводят к увеличению доли почв с высокой степенью фитотоксичности.

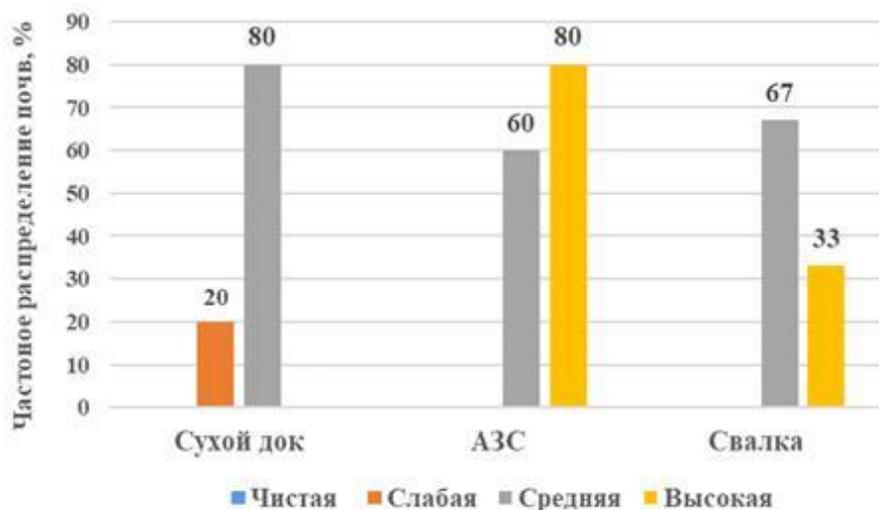


Рис. 1 – Частотное распределение почв (%) п. Соловецкий по степени фитотоксичности (на основании исследования энергии прорастания семян кресс салата) с использованием смеси Кнопа в качестве контроля

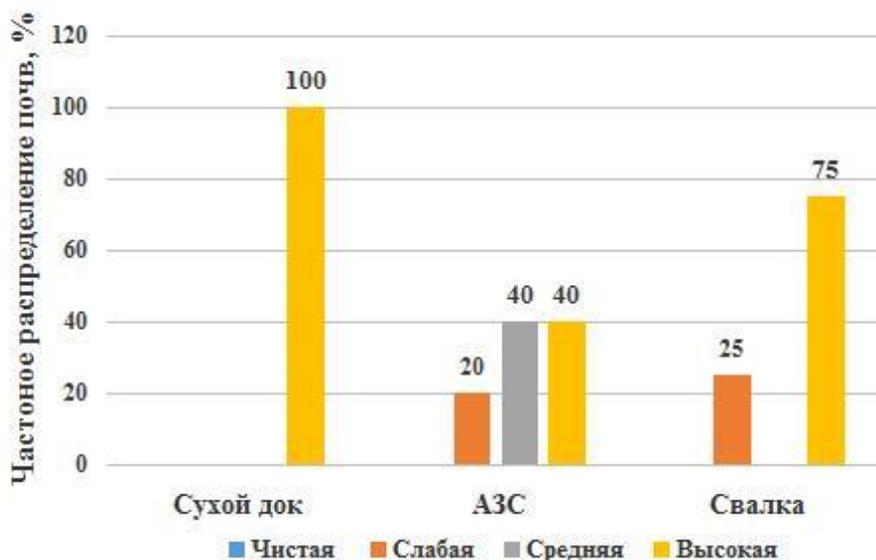


Рис. 2 – Частотное распределение почв (%) п. Соловецкий по степени фитотоксичности (на основании исследования энергии прорастания семян овса) с использованием смеси Кнопа в качестве контроля

Анализ биометрических показателей (Рис. 3 и 4) приводит к заметному увеличению доли почв с высокой степенью фитотоксичности на всех территориях. Следовательно, биометрические показатели дают более чувствительную тест-реакцию

на содержание в почве токсических веществ. Это свидетельствует о токсическом действии почв на ранних этапах развития проростков.

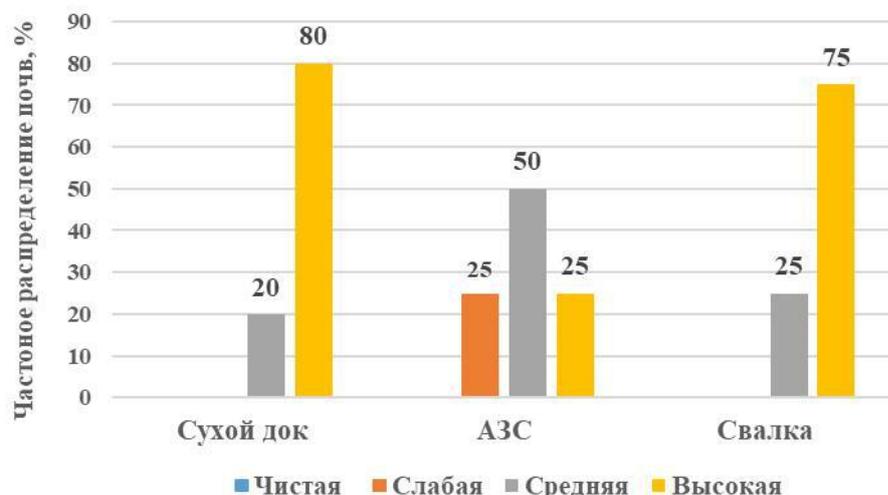


Рис. 3 – Частотное распределение почв (%) п. Соловецкий по степени фитотоксичности (на основании исследования длины гипокотыля кресс-салата) с использованием смеси Кнопа в качестве контроля

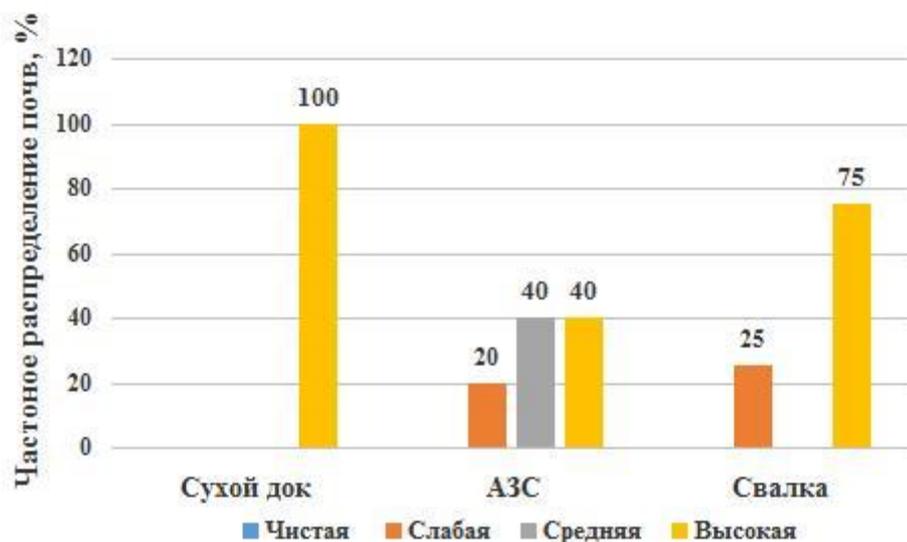


Рис. 4 – Частотное распределение почв (%) п. Соловецкий по степени фитотоксичности (на основании исследования длины coleoptilya овса) с использованием смеси Кнопа в качестве контроля

Таким образом, ни на одной пробной площади п. Соловецкий экологически чистые почвы не обнаружены: преобладают почвы со средней и высокой степенью фитотоксичности; к наиболее загрязненным можно отнести почвы пробных площадей «Свалка» и «Сухой док», обладающих наиболее высокой антропогенной нагрузкой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О стратегии развития Соловецкого архипелага как уникального объекта духовного, историко-культурного и природного наследия: распоряжение

- Правительства Архангельской области от 16 июля 2013 г. № 310-рп (действ. ред. 2018)
2. Titova K.V., Shvakova E.V., Popova L.F., Trofimova A.N., Nikitina M.V., Popov S.S. Enzymatic activity as a diagnostic indicator of soil pollution in Solovetsky settlement IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. No 263. 012026 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/263/1/012026
  3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пос. / Под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. М.: Академия, 2007.
  4. ГОСТ 17.4.4.02 – 84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа
  5. Бакина Л.Г., Бардина Т.В., Маячкина Н.В. и др. К методике фитотестирования техногенно загрязненных почв и грунтов // Мат. межд. конф. «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения» – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2004. Ч. 1. С. 167-169.
  6. Биогеохимическая индикация экологического состояния почвенно-растительного покрова центральной части г. Архангельска [Текст]: моногр. / Е.Н. Наквасина, Л.Ф. Попова, Т.А. Корельская, Ю.М. Никонова. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2009. 243 с.

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ**

*Н.Ю. Факашчук, М.О. Лейбман, А.В. Хомутов*

Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, n.yu.fakashchuk@yandex.ru

Одним из объектов экологического мониторинга является снежный покров. Он обладает преимуществом большей сорбционной способности и возможностью консервации веществ в ледяных кристаллах на более долгий период времени, чем атмосферный воздух.

Большую часть года на полуострове Ямал (в среднем 230 дней) залегает устойчивый снежный покров. Для снежного покрова не существует каких-либо экологических нормативов природной концентрации химических веществ. Для выяснения наличия антропогенного влияния на его химический состав, применяется сравнение значений изучаемого участка с фоновыми значениями. Изучением химического состава снежного покрова на Ямале занимались С.М. Фотиев, С.Л. Дорожукова, О.М. Ермилов и др. [2–4, 9]. К сожалению, в этих работах приводятся осредненные данные по геохимии снежного покрова, отсутствует анализ пространственных закономерностей. Пробы, как правило, отбирались на месторождениях углеводородов.

Целью этого исследования является получение фоновых концентраций химических элементов (главных ионов) на полуострове Ямал. Для этого произведен отбор проб снежного покрова на достаточном удалении от прямых антропогенных источников. Маршрут отбора проб пересекал полуостров с юга на север.

В соответствии с задачами исследования точки отбора проб выбирались с расчетом удаления от прямых источников антропогенного загрязнения воздуха. Полевой выезд состоялся в период с 31 марта по 15 апреля 2017 года. Маршрут проходил через населенные пункты: Лабытнанги–Хралов–Сеяха–Сабетта–Бованенково. Пробы отбирались в соответствии с РД 52.04.186-89 [1]. Всего было отобрано 24 пробы. Пробы анализировались на содержание основных ионов методом ионной

хроматографии в химической лаборатории ФГБУ ВНИИОкеанология, г. Санкт-Петербург.

Средние значения концентрации катионов и анионов по 24 пробам снега сопоставлены с опубликованными данными в Таблице 1. По нашим данным, среди катионов преобладает натрий и калий. В наших пробах наблюдается повышенная концентрация калия (Табл. 1), что характерно для химического состава атмосферных осадков [8]. В анионном составе наибольшие средние концентрации характерны для хлоридов и гидрокарбонатов. Средние значения общей минерализации равны  $7,33 \pm 0,30$  мг/л. Значения pH составляют в среднем  $5,53 \pm 0,05$ .

Наши данные для фоновых территорий сопоставлены с данными, полученными в рамках программы экологического мониторинга ЯНАО на специально выбранных полигонах экологического мониторинга. На п-ове Ямал размещены три полигона. Первый полигон (№ 1) расположился к юго-западу от Бованенковского НГКМ. Второй полигон (№ 8) расположен в 50 км на северо-запад от Тамбейского ГКМ. Третий (№ 9) расположен к северо-западу от п. Яр-Сале. В программе мониторинга содержание макрокомпонентов определялось только для сульфатов и хлоридов. Концентрация хлоридов на первом полигоне составила 6 мг/л, что значительно превосходит среднее значение в наших образцах (см. Табл.1). Следует отметить, что точка отбора пробы на первом полигоне, отмеченная на ГИС-платформе Экологического паспорта ЯНАО [10], находилась близко к железной дороге. Возможно, влияние ж/д транспорта могло быть причиной такого подъема хлоридов. На других полигонах концентрация хлоридов близка к концентрациям в наших образцах (Табл. 1).

Для проверки гипотезы о влиянии географического положения на содержание сульфатов и хлоридов, мы сравнили фоновые данные, полученные нами и на полигонах экомониторинга, приуроченных к восточному (полигоны 2 и 3) и западному (полигон 1) побережьям. Мы вычислили среднее значение хлоридов и сульфатов в образцах, отобранных нами недалеко от западного и восточного побережий. Содержание хлоридов в точках западного побережья равно  $2,26 \pm 0,26$  мг/л; восточного  $1,53 \pm 0,20$  мг/л. Содержание сульфат-ионов в точках западного побережья равно  $1,57 \pm 0,18$  мг/л; восточного  $1,01 \pm 0,20$  мг/л. Из этого следует, что содержание хлоридов и сульфатов в снеге полуострова зависит от географического положения, уменьшаясь с запада на восток. Мы считаем, что это связано с большей близостью западного побережья к океану – источнику ионов хлора и сульфатов.

Для получения ответа на вопрос, являются ли полученные нами значения концентрации основных ионов в снеге фоновыми, мы сравнили их с данными, полученными на территории месторождений, т.е. на участках антропогенного влияния (Табл.1, раздел Месторождения). По катионному составу в литературе приводятся данные только для катионов Са и Mg. Содержание иона Са в наших пробах и в пробах, представленных О.М. Ермиловым [4] на Бованенковском НГКМ, отличаются незначительно. В данных Г.И. Гривы [2] по Харасавэйскому НГКМ содержание иона Са на порядок выше (Табл. 1). Содержание иона Mg в мае 1996 г. на Бованенковском НГКМ [4] в два раза больше значения, полученного нами в фоновых условиях ( $0,59 > 0,29$ ). В среднем, в снеге месторождений, содержание ионов Са и Mg больше, чем в снеге условно фоновых условий по нашим данным. Предположительно, это связано как с антропогенными, так и с природными факторами – Химическим составом атмосферных осадков и влиянием процессов сублимации и десублимации между снегом и почвой.

Таблица 1 – Средняя концентрация основных ионов в снеге п-ова Ямал (мг/л).

Источник	Год	месяц/сезон	n	Na	Ca	Mg	K	Cl	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Общая минерализация	pH
Фоновые территории												
Авторские данные	2017	Март-апрель	24	0,91±0,08	0,50±0,06	0,29±0,02	0,70±0,05	1,82±0,09	1,64±0,18	1,49±0,15	7,33±0,30	5,53±0,05
Экологический мониторинг ЯНАО. Полигон №1 [9]	2013	-	1	-	-	-	-	6,25	-	2,02	-	-
Экологический мониторинг ЯНАО. Полигон №8 [9]	2013	-	1	-	-	-	-	1,81	-	0,66	-	-
Экологический мониторинг ЯНАО. Полигон №9 [9]	2013	-	1	-	-	-	-	1,21	-	<0,5	-	-
Месторождения												
О.М. Ермилов (Бованенковское НГКМ) [3]	1995	апрель	13	-	0,80±0,00	-	-	1,49±0,22	3,62±0,36	1,93±0,27	-	5,61±0,10
	1996	май	13	-	0,53±0,03	0,59±0,08	-	2,07±0,22	0,92±0,12	0,60±0,07	-	5,97±0,04
Г.И. Грива (Харасавэйское НГКМ) [1]	1994-2005	-	-	-	1,12	-	-	2,78	2,56	0,78	-	5,04
Г.И. Грива (Бованенковское НГКМ) [1]	1994-2005	-	-	-	-	-	-	1,10	1,51	0,52	-	5,10
Г.И. Грива (Новопортовское НГКМ) [1]	1994-2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,81
Среднее	-	-	-	-	0,81	0,59±0,08	-	1,86	2,15	0,96	-	5,30

Содержание хлоридов в снеге месторождений в среднем составляет 1,86 мг/л (Табл. 1). Это значение близко к полученным нами 1,82 мг/л. В целом, хлориды с разных месторождений и в разные годы колеблются в пределах 2 мг/л. Значительных различий в содержании хлоридов на месторождениях и на фоновых участках не выявлено. Гидрокарбонаты в снеге месторождений, в среднем, содержатся в количестве 2,15 мг/л (Табл. 1), превышая наши данные -  $1,64 \pm 0,18$  мг/л. Сульфаты же наоборот, имеют большее содержание в условно фоновых участках, чем на месторождениях ( $0,96 < 1,49$ ). Поскольку опробование на месторождениях проводилось в разные годы, можно оценить межгодовую изменчивость ионного состава снега. По данным О.М. Ермилова [4], в 1995 г. содержание хлоридов на 0,5 мг/л меньше чем в 1996 г. Разница, видимо, связана с различной от года к году циркуляцией воздушных масс с осадками.

Некоторые данные о химическом составе снега на полуострове Ямал, полученные на месторождениях, были представлены не в виде значений массовой концентрации мг/л, а в виде эквивалент-процентов (далее экв.-%) от суммы всех катионов и анионов отдельно. Другими словами, в виде солевой формулы, которая представляет собой упрощенный вариант гидрохимической формулы М.Г. Курлова. Для сравнения наших данных с данными других исследователей [1, 9], была составлена средняя для всех образцов формула солевого состава.

$$7,33 \frac{Na(38)Mg(23)Ca(23)K(16)}{Cl(48)SO_4(27)HCO_3(25)} \quad (1)$$

Из формулы (1) следует преобладание хлоридов в анионном составе и ионов натрия в катионном. Подобный тип вод атмосферных осадков характерен, прежде всего, для районов, прилегающих к морскому побережью [5–7]. Интенсивный перенос ионов Na и Cl в составе атмосферных осадков происходит при образовании воздушной массы над океаном. Основываясь на этом тезисе, можно сделать вывод об активном влиянии моря на химизм снега на всем полуострове. Доли катионов Mg и Ca примерно одинаковы. Для анионов характерно преобладание сульфатов над гидрокарбонатами.

Сравнение средней солевой формулы наших образцов с формулами химического состава снега других исследователей [3, 9] приведено в Таблице 2.

Таблица 2 – Структура солевого состава снежного покрова п-ова Ямал

Источник данных	Год	Количество проб, шт.	Формула солевого состава	Минерализация, мг/л
Авторские данные	2017	24	$\frac{Na(38)Mg(23)Ca(23)K(16)}{Cl(48)SO_4(27)HCO_3(25)}$	7,33
С.М. Фотиев (1999) [2]	1980-1990	29	$\frac{Na + K(75) Ca (19) Mg (6)}{HCO_3 (48) Cl (45) SO_4 (7)}$	21,00
С.Л. Дорожукова (2004) [8]	2002-2003	40	$\frac{Na (88) Ca (6) Mg (6)}{Cl (68) HCO_3 (32)}$	18,00

Также средний солевой состав снега по нашим данным сопоставлен с обобщенным С.М. Фотиевым [9], (Табл. 2) большинством опубликованных на 1999 г. данных о химическом составе снеговой воды из различных точек полуострова, главным образом, на месторождениях. С.М. Фотиев в своей статье [9] указывает на то, что отбор снежных проб происходил летом из тех участков, на которых снег ещё не стаял. Из этого следует, что на формирование химического состава отобранного снега оказывала

влияние ветровая дефляция с участков, не покрытых снегом, а также жидких летних осадков и снеготаяния внутри толщи.

Средняя доля экв.-% гидрокарбонатов у С.М. Фотиева в два раза выше (47,7 эквивалент-процентов), чем в среднем в наших образцах (24,54 экв.-%). Доля сульфат ионов в образцах отобранных нами больше, чем (27 против 7 экв.-%) в образцах С.М. Фотиева (Табл. 2). По хлоридам наблюдается примерное равенство около 45 экв.-%. Мы предполагаем, что различия в экв.-% содержании гидрокарбонатов и сульфатов могут быть связаны с летним периодом пробоотбора.

При сравнении катионного состава отмечается меньшая (на 24 экв.-%) суммарная доля Na+K в наших образцах по сравнению с данными С.М. Фотиева (Табл. 2). Указать на причину такой разницы затруднительно. Доли катионов Mg и Ca в нашей формуле (1) равны между собой и составляют 23 экв.-%. В формуле С.М. Фотиева (Табл. 2) наблюдается преобладание Ca-иона над Mg-ионом. Предположительно, различия в катионном составе связаны с дефляционным переносом частиц и осаждением в снеге летом.

Геохимический состав снежного покрова с нескольких участков полуострова в своей работе представила С.Л. Дорожукова [3]. В её формуле солевого состава преобладают ионы хлора и натрия. Доли катионов калия и сульфат-ионов очень малы и не указывается в формуле [3]. В пробах С.Л. Дорожуковой более низкая доля магния и кальция. Процент-эквивалент гидрокарбонатов у С.М. Фотиева (48 экв.-%) [9] превышает значение у С.Л. Дорожуковой на 16 экв.-% (Табл. 1). С.Л. Дорожукова в своей диссертационном работе [3] не приводит информацию о точном времени отбора проб, что затрудняет анализ и сравнение данных. Указать причину более низкой доли сульфатов, катионов кальция и магния затруднительно.

При сравнении соотношения катионов и анионов на фоновых и антропогенно-нарушенных территориях, наблюдается сходство в преобладание ионов хлора и натрия и различия в соотношении второстепенных ионов. Общая минерализация в наших образцах оказалась примерно в 2,5-3 раза меньше, чем в пробах С.Л. Дорожуковой и С.М. Фотиева (Табл. 2). Мы считаем, что это связано с антропогенной нагрузкой на участках отбора проб С.Л. Дорожуковой и С.М. Фотиева.

Подводя итог сравнению условно фоновых данных авторов и данных с антропогенной нагрузкой других исследователей [2-4, 9], можно сделать вывод об имеющихся значительных различиях между химическими свойствами снежного покрова. Основные различия наблюдаются в общей минерализации и средней концентрацией ионов кальция, магния и гидрокарбонатов (Табл. 1 и 2). Значительные различия между концентрациями некоторых ионов и общей минерализацией на фоновых участках по сравнению с участками месторождений подтверждают существование антропогенного загрязнения снега и, видимо, атмосферы.

Полученные авторами концентрации главных ионов в снеге являются фоновыми. Химический состав снега на месторождениях углеводородов отличается от фоновых значений более высокой минерализацией и средней концентрацией ионов кальция, магния и гидрокарбонатов. Средние значения анионов незначительно отличаются на месторождениях от фоновых территорий и имеют межгодовые флуктуации, связанные с климатическим фактором.

Средний состав снеговых вод в наших фоновых образцах хлоридно-натриевый с низкой минерализацией. Соотношение долей катионов и анионов между собой на фоновых и антропогенных территориях сходен по структуре, с преобладанием ионов хлора и натрия, но различен в соотношении второстепенных ионов.

Наблюдается влияние географического положения на концентрацию сульфатов и хлоридов. Оно проявляется в более выраженном морском сигнале на западном побережье Ямала, граничащем с морскими водами, по сравнению с восточным побережьем, омываемом пресными водами Обской Губы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 52.04.186-89. «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». М., 1991. 556 с.
2. Грива Г.И. Геоэкологические условия разработки газовых месторождений Ямала. Томск. Изд-во ТГУ, 2005, 330 с.
3. Дорожукова С. Л. Эколого-геохимические особенности нефтегазодобывающих районов Тюменской области : дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.36 : Москва, 2004 229 с. РГБ ОД, 61:05-4/15
4. Ермилов О.М. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне / О.М. Ермилов, Г.И. Грива, В.И. Москвин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 147 с.
5. Ермолов Ю.В., Махатков И.Д., Худяев С.А. Фоновые концентрации химических элементов в снежном покрове центрального сектора Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 9. С. 790-800.
6. Корзун А.В. «Геохимический анализ надземных и подземных льдов Арктики». // Москва 1989 г. 194 с.
7. Котова Е.И., Шевченко В.П. Влияние дальнего атмосферного переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора российской Арктики // Фундаментальные исследования. 2014. № 12 (Ч. 11). С. 2310-2314.
8. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. – изд. 3-е дополненное. Ростов/Дон: «НОК», 2008. 461 с.
9. Фотиев С. М. Закономерности формирования ионно-солевого состава природных вод Ямала // Криосфера Земли. 1999. Т. II. № 2. С. 40-66.
10. Экологический паспорт ЯНАО [Электронный ресурс]: Информационно-аналитическая система "Экопаспорт" 2013. URL: <https://dpr-r-baz.yanao.ru/>

## РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ» НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ: РИСКИ И ФАКТОРЫ УСПЕХА

*Г.Н. Харитонова*

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, [Kharitonova@iep.kolasc.net.ru](mailto:Kharitonova@iep.kolasc.net.ru)

Национальный проект «Экология» был добавлен в число национальных проектов майским Указом Президента в 2018 году и был восторженно встречен общественностью страны [1]. Однако в научных кругах, в том числе и среди представителей академических институтов, на которых правительство страны возложило задачу научно-методического и экспертного сопровождения его реализации, еще нет единого мнения, как об экологической эффективности мероприятий проектов, так и об эффективности организации их осуществления.

Анализ рисков и факторов успеха реализации национального проекта «Экология» имеет методическое и практическое значение также для субъектов федерации, территории которых входят в состав Арктической зоны Российской Федерации (АЗ РФ). С 2015 года в соответствии с Указом президента РФ Арктическая зона причислена к числу «приоритетных территорий», что властям этих регионов вселило надежду на существенную государственную поддержку, в том числе и в решении назревших и острых экологических проблем [2].

Однако стоит напомнить, что национальный проект «Экология», в который вошли 11 федеральных проектов, представляет собой один из документов стратегического планирования, а именно – программно-целевого. Метод программно-целевого планирования стал применяться еще в СССР. Основной причиной введения его в практику государственного планирования было снижение эффективности плановой экономики и, как следствие, невозможность выделения средств из федерального бюджета в прежних объемах, в том числе и на природоохранную деятельность.

В новейшей истории страны программно-целевыми документами являются государственные и региональные программы. В сфере природопользования и обеспечения экологической безопасности наиболее масштабные из них следующие: «Охрана окружающей среды» (2013–2024), «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (2013–2024), «Развитие лесного хозяйства» (2013–2024), «Энергоэффективность и развитие энергетики», «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах». Следует заметить, что в марте 2019 года сроки окончания государственных программ «Охрана окружающей среды», «Развитие лесного хозяйства» и некоторых других были скоординированы со сроками национального проекта «Экология», то есть, увеличены до 2024 года. Также в них были включены целевые показатели по всем приоритетным территориям, в том числе и по Арктической зоне.

Кроме государственных и региональных программ для некоторых видов природопользования и охраны окружающей среды разработаны ведомственные, отраслевые и муниципальные программы. Наиболее это характерно для сохранения и приумножения главного национального богатства нашей страны – ее почв и лесных земель. Не требует доказательств, что для арктических территорий необходимость рекультивации нарушенных земель обусловлена не столько проблемой их рекультивации после ликвидации свалок коммунальных отходов, а многолетней деятельностью промышленных, энергетических, сельскохозяйственных и транспортных предприятий. Между тем сегодня функции по рекультивации нарушенных земель не являются функциями государственного или муниципального управления. Функции государственного управления нарушенными землями сводятся к следующим: контроль и надзор за соблюдением требований законодательства и государственный мониторинг земель. В настоящее время этими функциями наделены подразделения сразу трех федеральных министерств: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) Министерства природных ресурсов и экологии и Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) Министерства сельского хозяйства, и Росреестр Министерства экономического развития РФ [3]. В качестве прорыва в совершенствовании государственного управления нарушенными землями следует указать на формирование его новой, прогрессивной функции, которая появилась только в 2017 г. после введения в действие Национального стандарта РФ ГОСТ Р. 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» [4].

По нашему мнению, национальный проект «Экология» является одним из документов программно-целевого планирования, отражающим современное состояние экономики страны и остроту национальных экологических проблем. Средства федерального бюджета, выделяемые на его реализацию, ограничены, например, по сравнению с государственными программами, также, как и задачи. Большинство целевых показателей по федеральным проектам №1 «Чистая страна», № 4 «Чистый воздух», № 8 «Сохранение уникальных водных объектов», № 10 «Сохранение лесов» и соответственно средства на их реализацию были просто включены в состав

государственных программ [5–7]. Кроме того, как показывает анализ федеральных проектов национального проекта «Экология» по приоритетной Арктической зоне, эти средства уже распределены на основе сравнительных данных об экологической обстановке в разрезе федеральных округов. В соответствии с данными государственной статистики охраны окружающей среды в число приоритетных по насущности экологических проблем, за исключением города Норильска (Красноярский край), не входят регионы Северо-западного и Дальневосточного федерального округов.

Также любой город с населением от 500 тыс. чел. производит твердых коммунальных отходов значительно больше, чем жители малых и средних городов Арктической зоны. Поэтому в Государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде по состоянию на 20.02.2019 из 143 объектов включены только 4 объекта, находящиеся на арктических территориях [8].

Пытаясь определить риски реализации национального проекта «Экология» на арктических территориях, их следует разделить на риски достижения экологической эффективности запланированных мероприятий и на риски управления их осуществлением. К рискам экологической эффективности мероприятий проекта можно причислить следующие: отсутствие оценки экологической эффективности мероприятий; не включение в состав целевых показателей того или иного проекта тесно взаимосвязанных социальных и экологических показателей, которые приоритетны для арктических регионов; сравнительно низкие целевые показатели в сравнении с масштабом проблемы и др.

Риски управления национальным проектом «Экология» на Арктических территориях, с одной стороны, хорошо известны: - обходные решения, практикуемые чиновниками всех уровней власти для выполнения поручений президента страны по реализации «майских указов»; - отсутствие механизма взаимодействия между федеральными и региональными органами власти; - отсутствие проектного управления; отсутствие постановки конкретных задач перед научными организациями.

Среди новых рисков следует отметить отсутствие опыта государственного управления Арктическими территориями, у созданной в начале 2019 года трехступенчатой системы (Государственная комиссия по вопросам развития Арктики, уполномоченный федеральный орган, управляющая компания).

По нашему мнению, даже положительный опыт уполномоченного федерального органа, которым стало Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока недостаточен для эффективного расширения его полномочий на всю территорию Арктической зоны России. Прежде всего, потому, что значительная часть успеха Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока получена за счет применения налоговых льгот для резидентов территорий опережающего развития (ТОР), которых в других регионах Арктической зоны насчитываются единицы. Например, в Реестр резидентов ТОР Российской Федерации от Мурманской области включен только г. Кировск (5 коммерческих организаций малого и среднего бизнеса); в Архангельской области – только в 2018 году создана первая ТОР в г. Онега со специализацией по развитию спорта и туризма.

Акционерное общество «Корпорация развития Дальнего Востока», которое имеет только два офиса (в Москве и Владивостоке), наделено полномочиями управляющей компании для обеспечения функционирования Арктической зоны.

В связи с тем, что новая структура управления АЗ РФ создана в феврале 2019 года, потребуется время для образования соответствующих подразделений в Министерстве по развитию Дальнего Востока и Арктики и для создания дочерних обществ и представительств управляющей компании в регионах Арктической зоны. Как известно, любая реорганизация органов управления означает некоторую потерю управляемости, хотя бы потому, что они не могут функционировать без утверждения изменений в Положение об органе управления.

К факторам успеха реализации проекта на арктических территориях, по нашему мнению, можно отнести следующие: - одобрение и поддержка местным сообществом, что позволяет привлекать экологические организации и волонтеров; - сравнительно низкие целевые показатели по ряду проектов; - назначение ответственных исполнителей за реализацию конкретных мероприятий проектов из числа федеральных чиновников и усиление контроля за конкретное достижение целевых показателей, что, в частности, снизит нагрузку на региональные органы власти по полномочиям, переданным с федерального на региональный уровень и др.

Основным фактором успеха реализации национального проекта «Экология» на арктических территориях должен стать поэтапный переход экологически опасных предприятий (объекты, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, I категории) в регионах на технологические показатели наилучших доступных технологий. Этот переход начался с 1 января 2019 года и его обязательным этапом является получение компаниями Комплексного экологического разрешения (КЭР). Переходный процесс будет продолжаться до 31 декабря 2022 года, то есть в течение всего периода реализации национального проекта «Экология». Именно на этот федеральный проект № 11 «Внедрение наилучших доступных технологий» из федерального бюджета предполагается выделить самые незначительные средства (27300 млн. руб.), меньше предназначено только для федерального проекта "Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма" (6 282,8 млн.руб.). Зато предполагается привлечь самый высокий объем средств из внебюджетных источников, почти 75% от их общей величины на весь срок реализации всех 11 федеральных проектов, составляющих национальный проект «Экология» [9].

Внебюджетные источники – это, юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную деятельность на объектах I категории негативного воздействия на окружающую среду, которые при возможности и в случае невозможности соблюдения нормативов допустимых выбросов и сбросов, а также технологических нормативов на период их поэтапного достижения, должны будут разработать программу повышения экологической эффективности и выделить средства на реализацию ее мероприятий.

В соответствии со статьей 67.1 Федерального закона «Об охране окружающей среды», которая введена в действие Федеральным законом от 21.07.2014 N 219-ФЗ «срок реализации программы повышения экологической эффективности не может превышать семь лет и не подлежит продлению» [10]. Между тем пункт 6 этой статьи допускает исключение для градообразующих предприятий (численность работников на которых составляет не менее чем 25 процентов численности работающего населения населенного пункта), а также для федеральных государственных унитарных предприятий или открытых акционерных обществ, акции которых находятся в федеральной собственности и которые имеют стратегическое значение для обеспечения обороноспособности и безопасности государства»[10]. Срок реализации программы повышения экологической эффективности для них увеличивается до четырнадцати лет и не подлежит продлению.

Кстати сказать, что Министерство природных ресурсов и экологии РФ в апреле 2019 года выпустило первый приказ "Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды "Технологические показатели наилучших доступных технологий производства меди" [11]. В связи с этим можно ожидать достижения технологических нормативов на ПАО «Норильский Никель», которое включено в перечень 300 предприятий для перехода на наилучшие доступные технологии, и резкого улучшения экологической обстановки, как в Арктической зоне, так и общероссийских показателей по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу.

По нашему мнению, большинство экологически опасных предприятий выберут путь разработки программы повышения экологической эффективности и, в лучшем

случае, переход многих из них на технологические нормативы произойдет через 7 лет после завершения срока получения Комплексных экологических разрешений, то есть далеко за пределами срока реализации национального проекта «Экология».

Для снижения рисков и усиления факторов успеха реализации федеральных проектов национального проекта «Экология» на арктических территориях, прежде всего, следует обеспечить нормативно-правовыми и методическими документами получение экологического разрешения, включая утверждение технологических показателей наилучших доступных технологий для базовых производств в регионе. Также можно ускорить выпуск «зеленых облигаций» и начать практику выдачи «зеленых кредитов» для компаний для поддержки их перехода на технологические нормативы.

В качестве государственной поддержки предпринимательской деятельности в АЗ РФ, в том числе и по природоохранному направлению целесообразно внести в Федеральный закон от 29.12.2014 N 473-ФЗ "О территориях опережающего социально-экономического развития в РФ" изменения о приоритетном порядке рассмотрения заявок субъектов РФ на создание «Территорий опережающего социально-экономического развития» в границах Арктической зоны РФ и об упрощении процедуры их рассмотрения и о сокращении сроков ее проведения. Также следует включать в число резидентов Арктической зоны не только резидентов ТОР, но и резидентов особых экономических зон, уже созданных на территории Арктической зоны.

Для усиления взаимодействия и повышения экологической эффективности активнее привлекать региональные проектные офисы для совместного проектирования федеральных инвестиционных проектов в сфере природопользования. Например, власти Мурманской области уже имеют негативный опыт рекультивации помехохранилища птицефабрики «Снежная», когда было потрачено более 60 млн.руб. региональных и муниципальных средств на проект, который не удалось реализовать по причине отсутствия каналов сбыта куриного помета. Общая стоимость проекта рекультивации, который будет реализовываться в рамках федерального проекта «Чистая страна», входящего в состав национального проекта «Экология», составляет 462 млн. рублей, из них средства федерального бюджета – 328 млн рублей, областного бюджета – 127,3 млн. рублей, местного бюджета – 6,7 млн. рублей. Власти региона, как участники проекта, не должны допустить предыдущей ошибки разработчиков проектно-сметной документации, не предусмотревших каналы сбыта куриного помета после его обеззараживания.

По нашему мнению, подготовку документации по планировке территории (проекта планировки территории, проекта межевания территории), входящей в границы территории Арктической зоны, которая должна осуществляться и утверждаться органом местного самоуправления муниципального района или городского округа, следует финансировать за счет средств федерального бюджета. Как это было при разработке генеральных планов и правил землепользования и застройки, когда федеральный центр оказал большинству муниципалитетов страны финансовую помощь по оплате услуг организаций, их разработчиков.

Ускорить создание представительств управляющей компании Акционерное общество «Корпорация развития Дальнего Востока» в республиканских и в областных центрах субъектов федерации, территории которых входят в границы Арктической зоны. Не наделять Государственную комиссию по вопросам развития Арктики и Министерство РФ по развитию Дальнего Востока и Арктики полномочиями по контролю большинства решений, принимаемых Управляющей компанией. Вместо этого будет эффективнее обеспечить Управляющую компанию, например, четкими критериями отбора инвестиционных проектов для их реализации в Арктической зоне, с

учетом ее экологических и экономических особенностей, а также осознанных потребностей населения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027>
2. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г № 296. Режим доступа: [:https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70547984/](https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70547984/)
3. Харитонов Г. Н. Государственное и муниципальное управление нарушенными землями в арктической зоне России // СЕВЕР И РЫНОК: формирование экономического порядка. 2018. № 6 (62) С. 43-53.
4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57446-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия // Консорциум кодекс: электрон. фонд правовой и нормативно-техн. документации URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200145085>.
5. Государственная программа Российской Федерации «Охрана окружающей среды» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 29 марта 2019 года № 362. Режим доступа: [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_programmy/gosudarstvennaya\\_programma\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_okhrana\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_s\\_izmeneni](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_programmy/gosudarstvennaya_programma_rossiyskoy_federatsii_okhrana_okruzhayushchey_sredy_s_izmeneni)
6. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 28 марта 2019 года № 347. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72112684/>
7. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 28 марта 2019 года № 350. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499091762>
8. Информационная база государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде по состоянию на 20.02.2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vniiecolgy.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/gosudarstvennyj-reestr-ob-ektov-nakoplenного-vreda-okruzhayushchey-srede>
9. Паспорт национального проекта "Экология" [Электронный ресурс]: - Режим доступа: [: http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy\\_proekt\\_ekologiya/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/)
10. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 N 7ФЗ. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
11. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды "Технологические показатели наилучших доступных технологий производства меди"[Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России от 15.04.2019 N 243. Режим доступа: <http://www.pravo.gov.ru>.

## ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ТРЕМАТОД (TREMATODA: DIGENEA) У МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА LYMNAEIDAE И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАССЕЛЕНИЯ НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

И.С. Хребтова<sup>2</sup>, О.В. Аксёнова<sup>1,2,3</sup>, А.В. Кондаков<sup>1,2,3</sup>, А.А. Томилова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, irinahrebtova@bk.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Происходящие в Арктике современные климатические изменения могут способствовать активизации таких процессов как увеличение численности паразитов и их переносчиков, частичная или полная замена паразитофауны хозяев, а также проникновение паразитов на новые территории [1]. В связи с этим обнаружение и определение видового состава паразитов на арктических территориях имеет большое значение для оценки существующей паразитарной обстановки и прогнозирования её изменений с целью предотвращения заражений человека и животных.

Наибольший интерес с этой точки зрения вызывают внутренние паразиты позвоночных и беспозвоночных трематоды, которые отличаются от остальных плоских червей наличием сложного жизненного цикла, связанного со сменой животных-хозяев и чередованием нескольких последовательных партеногенетических и одного гермафродитного поколения [2]. Известно, что роль первого промежуточного хозяина у трематод всегда выполняют разные виды моллюсков [3]. Представители моллюсков семейства Lymnaeidae, более известные как прудовики, широко распространены практически во всех пресных водоемах, и являются промежуточными хозяевами для значительного числа видов трематод. Характерным местообитанием прудовиков является прибрежная часть пресноводных водоемов, что делает их удобным объектом для сбора и выявления в них партенит трематод с последующей идентификацией паразитов, которая составляет неотъемлемую часть паразитологического мониторинга.

Целью настоящей работы было изучение видового состава трематод у брюхоногих моллюсков семейства Lymnaeidae с применением современных молекулярно-генетических методов и выявление путей их проникновения на арктические территории.

В ходе исследования были проанализированы образцы брюхоногих моллюсков, собранные, как на арктических территориях, так и в более южных районах (Табл. 1).

Таблица 1 – Места сбора, виды брюхоногих моллюсков и идентифицированные в них трематоды, использованные в исследовании

Место сбора моллюсков	Вид моллюска-хозяина	Вид трематод
Архангельская область, Мезенский район, р. Сояна	<i>Ampullaceana fontinalis</i> *	<i>Plagiorchis</i> sp.1
Республика Коми, р. Большой Адак	<i>Ampullaceana lagotis</i>	<i>Plagiorchis maculosus</i>
Камчатский край, Тумрокские термальные источники	<i>Ladislavella tumrokensis</i>	<i>Plagiorchis</i> sp.1
Архангельская область, устье р. Северная Двина	<i>Radix auricularia</i>	<i>Diplostomum spathaceum</i>
Ненецкий автономный округ, р. Море-Ю	<i>Stagnicola palustris</i>	<i>Plagiorchis</i> sp. 2
Ямало-Ненецкий автономный округ, р. Щучья	<i>Ampullaceana lagotis</i>	<i>Cotylurus syrius</i>

Место сбора моллюсков	Вид моллюска-хозяина	Вид трематод
Ненецкий автономный округ, озеро рядом с урочищем Пым-Ва-Шор	<i>Stagnicola palustris</i>	<i>Plagiorchis maculosus</i>
Архангельская область, Приморский район, р. Юрас	<i>Stagnicola palustris</i>	<i>Diplostomum spathaceum</i>
Китай, р. Кончедарья	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Plagiorchis maculosus</i>
Китай, оз. Баграшкель	<i>Radix plicatula</i>	<i>Diplostomum spathaceum</i>

\*таксономия моллюсков приведена в соответствии с [4]

Из тканей собранных образцов прудовиков осуществляли выделение тотальной ДНК при помощи специального набора реактивов NucleoSpin® Tissue Kit (Macherey-Nagel, Германия). Выделенные образцы ДНК использовали для амплификации транскрибируемого спейсера ITS2 рДНК. Данный маркер успешно используется в систематике и филогении брюхоногих моллюсков и трематод. Амплификацию последовательностей осуществляли с комбинацией праймеров 5'-tcgtctgtgtgagggtcg-3' [5] и 5'-tcctccgcttattgatatgc-3' [6]. Раствор для синтеза фрагмента состоял из 200 ng ДНК, 2,5 µl Taq-буфера (20 mM MgCl<sub>2</sub>), 2,5µl раствора всех dNTP (2 mM), по 1 µl каждого из праймеров (10 pM), 0,8 ед. Taq-ДНК-полимеразы и деионизированной воды (ddH<sub>2</sub>O), добавленной для доведения объема до 25µl. Во всех случаях программа амплификации включала в себя этап первоначальной денатурации ДНК – 5 мин, +95°C; 28–33 циклов синтеза фрагмента ДНК: +95°C – 50 сек., +53°C – 50 сек., +72°C – 1 мин, а также этап окончательной элонгации цепи: +72 С – 5 мин. Визуализацию полученных продуктов ПЦР осуществляли в системе гель-документирования после электрофореза в 1,5% агарозном геле. Из образцов ДНК инфицированных моллюсков происходила амплификация двух участков спейсера ITS2, один из которых принадлежал прудовику, а другой, с более низкой молекулярной массой, инфицирующей моллюска трематоде (Рис. 1).

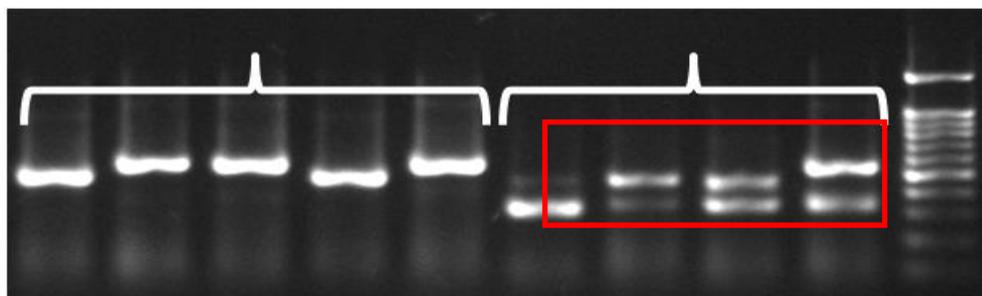


Рис. 1 – Результат амплификации спейсера ITS2 у брюхоногих моллюсков. Красная рамка указывает на инфицированные образцы с двойной амплификацией спейсера ITS2

Продукты ПЦР (спейсеры ITS2 моллюска и трематоды) элюировали из геля специальным набором реактивов Cleanup Mini (ЗАО Евроген, Россия). Подготовленные образцы передавали на анализ в Межинститутский Центр коллективного пользования «Геном» ИМБ РАН, где их секвенировали при помощи набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе ДНК ABI PRISM 3730 (Applied Biosystems). Полученные нуклеотидные последовательности ДНК в прямом и обратном направлении расшифровывали и анализировали с использованием программы BioEdit 7.0.9 [7].

В ходе исследования было выявлено пять видов трематод, относящихся к трем родам: *Plagiorchis*, *Diplostomum* и *Cotylurus* (Табл. 1). Наибольшее число обнаруженных паразитов (3 вида) относится к представителям рода *Plagiorchis*.

При анализе генетических последовательностей было установлено, что трематоды в образцах моллюсков из устья р. Северная Двина (Архангельская область) имеют сходные гаплотипы спейсера ITS2 с трематодами из озера Баграшкель в Китае, а гаплотипы трематод из тундрового озера в районе урочища Пым-Ва-Шор (Ненецкий автономный округ) идентичны гаплотипам трематод из реки Кончедарья в Китае. Этот факт подтверждает существование вертикального географического переноса паразитов птицами при перелетах с юга на север (Рис. 2). Также в ходе исследований идентичные гаплотипы были обнаружены у трематод из прудовиков, обитающих в р. Сояна (Мезенский район, Архангельская область) и в Тумрокских термальных источниках на Камчатке, что может свидетельствовать о существовании горизонтального географического переноса паразитов (Рис. 2). Следует отметить, что у исследованных видов трематод не удалось выявить избирательность по отношению к виду моллюска, который выступает для них в качестве промежуточного хозяина. Обнаруженные трематоды свободно используют для этих целей разные виды прудовиков (Табл. 1).

Отдельного внимания заслуживает обнаружение трематоды *Cotylurus syrius* Dubois, 1934 в реке Щучья на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. В Арктике этот вид был зарегистрирован впервые. Изначально *C. syrius* был описан из Сирии и обнаружен в кишечнике свиньи Г. Дюбуа в 1930 г. [8]. Позднее вид отмечен в Центральной Европе [9], где в качестве основного хозяина выступал лебедь-шипун, ареал которого включает Западную и Восточную Европу, Урал и Западную Сибирь, в том числе и арктическое побережье.

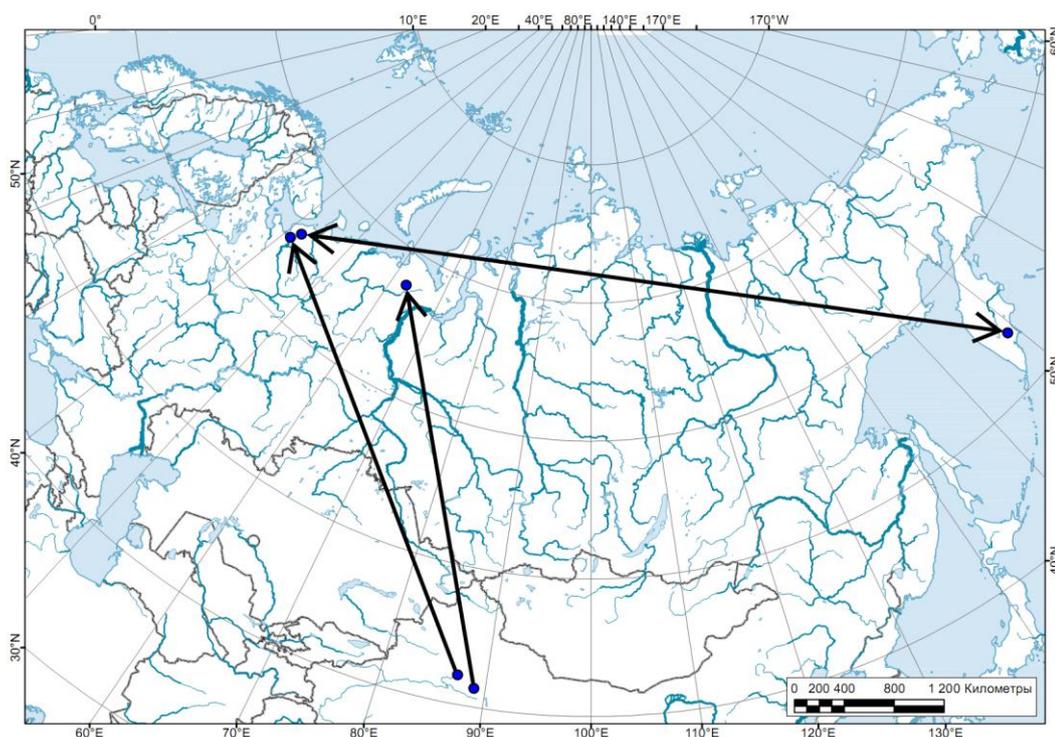


Рис. 2 – Пример вертикального и горизонтального географического переноса трематод птицами. Точки сбора, соединенные стрелками, указывают на обнаружение в них трематод с идентичными гаплотипами ITS2

Полученные результаты свидетельствуют о проникновении новых видов трематод все дальше на север. Наиболее вероятно, что их расселению способствуют перелетные птицы, которые являются окончательными хозяевами для большинства видов трематод, и время от времени расширяют свои ареалы в ходе миграции. Наличие промежуточных хозяев – брюхоногих моллюсков семейства Lymnaeidae обеспечивает благоприятные условия для развития южных видов трематод на территории Арктики.

Также необходимо учитывать тот факт, что при неблагоприятных для хозяина условиях, паразит может преодолеть барьер специфичности и поражать не свойственных для данной стадии развития паразита новых хозяев [1].

В связи с вышеизложенным изучение таксономического состава трематод и мониторинг их разнообразия на арктических территориях становится важным аспектом в вопросах контроля и предотвращения заражений человека и животных. Дополнительно необходимо проводить оценку видового состава их промежуточных и окончательных хозяев.

*Исследования проведены в ходе выполнения проекта РФФИ №17-44-290016\_p\_a, гранта Президента РФ № МК-1720.2019.4 и МинОбрнауки РФ (№ гос. регистрации АААА-А18-118012390161-9). Молекулярно-генетические исследования проведены при поддержке проекта РНФ № 19-14-00066.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трухачев В.И., Толоконников В.П., Лысенко И.О. Научные основы экологической паразитологии. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. 413 с.
2. Галактионов К.В., Добровольский А.А. Происхождение и эволюция жизненных циклов трематод. Санкт-Петербург: Наука, 1998. 404 с.
3. Гинецинская Т.А., Добровольский А.А. Частная паразитология. Паразитические простейшие и плоские черви: Учеб. пособие для биолог. спец. вузов / Под ред. Ю.И. Полянского. М.: Высш. школа, 1978. 303 с.
4. Aksenova O.V., Bolotov I.N., Gofarov M.Yu., Kondakov A.V., Vinarski M.V., Bepalaya Yu.V., Kolosova Yu.S., Palatov D.M., Sokolova S.E., Spitsyn V.M., Tomilova A.A., Travina O.V., Vikhrev I.V. Species Richness, Molecular Taxonomy and Biogeography of the Radicine Pond Snails (Gastropoda: Lymnaeidae) in the Old World // Scientific Reports. 2018. 8: 11199. DOI: 10.1038/s41598-018-29451-1
5. Bargues M.D., Vigo M., Horák P., Dvorak J., Patzner R.A., Pointier J.P., Jackiewicz M., Meier-Brook C., Mas-Coma S. European Lymnaeidae (Mollusca: Gastropoda), intermediate hosts of trematodiasis, based on nuclear ribosomal DNA ITS-2 sequences // Infection, Genetics and Evolution. 2001. T. 1. №. 2. С. 85-107.
6. White L.R., McPheron B.A., Stauffer J.R. Molecular genetic identification tools for the unionids of French Creek, Pennsylvania // Malacologia. 1996. Vol. 38. No. 1-2. P. 181-202.
7. Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic acids symposium series. – [London]: Information Retrieval Ltd., 1999. Vol. 41. No. 41. P. 95-98.
8. Dubois G. Monographie des Strigeida (Trematoda) // Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Neuchatel. 1938. Vol. 6. P. 1-535.
9. Heneberg P., Sitko J., Těšínský M., Rząd I., Bizon J. Central European Strigeidae Railliet, 1919 (Trematoda: Strigeidida): Molecular and comparative morphological analysis suggests the reclassification of *Parastrigea robusta* Szidat, 1928 into *Strigea* Abildgaard, 1790. Parasitology international, 2018. Vol. 67. No. 6. P. 688-701.

## ДОЛГОСРОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ СТОКА РЕКИ ПЕЧОРЫ. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОД.

Чупаков А.В., Широкова Л.С., Покровский О.С.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, artem.chupakov@gmail.com

В данной работе нами проведён анализ динамики изменения расхода воды реки Печора за последние 88 лет. Установлено достоверное увеличение расхода реки в зимние и летние месяцы. Максимальные скорости увеличения расхода зафиксированы для самого жаркого месяца в году – июля, около  $32 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{год}$ . На примере малой реки Колвы проиллюстрировано возможное влияние нефтедобывающей отрасли на изменение водности рек, особенно в зимний период. Изучена годовая динамика концентраций более 35 элементов во фракции  $<0,45 \text{ мкм}$ , проведена групповая дифференциация элементов по характеру изменения концентраций в годовом гидрологическом цикле.

Бассейн Печоры определяется координатами  $62$  и  $69^\circ$  с. ш. и  $46$  и  $66^\circ$  в. д. Его площадь равна, по данным Государственного водного реестра [1]  $322 \text{ тыс. км}^2$ , длина реки  $1809 \text{ км}$ . из которых  $250 \text{ 990 км}^2$ , или  $78,5\%$  находятся в пределах Коми АССР. По площади бассейна Печора является крупнейшей рекой Республики Коми и Ненецкого автономного округа, занимает 12-е место в России. По характеру рельефа бассейн Печоры представляет собой равнину, занимающую обширное пространство между Уралом и Тиманом. Наибольшие высоты наблюдаются на восточной окраине бассейна по Уральскому хребту (свыше  $1500 \text{ м}$  над уровнем моря). Западный водораздел значительно ниже. Южные водоразделы Печоры с Вычегдой и Печоры с Волгой понижены и нередко заболочены. Северная граница левобережной части бассейна проходит у отрогов Тимана, а правобережной - по небольшим возвышенностям Большеземельской тундры, на значительном протяжении следуя близко к параллели  $67^\circ$  с. ш. Значительная часть бассейна Печоры (северная и северо-восточная) лежит в области вечной мерзлоты [2].

Для анализа данных межгодовой динамики расхода реки Печора нами использовались среднемесячные и среднегодовые значения для створа с. Оксина (замыкающий створ) с 1932 по 2018 годы. В этом де створе производился и отбор проб. Фильтрация производилась непосредственно в момент отбора. Динамика расхода реки Колва приведена для створа пос. Хорей-Вер (среднее течение реки) в период с 1961 по 2016 год с интервалом в три года.

На рисунке (Рис. 1) приведены графики среднегодового расхода реки Печоры в створе с. Оксина (а) и значения первой производной функции линейного тренда динамики среднемесячных расходов (б).

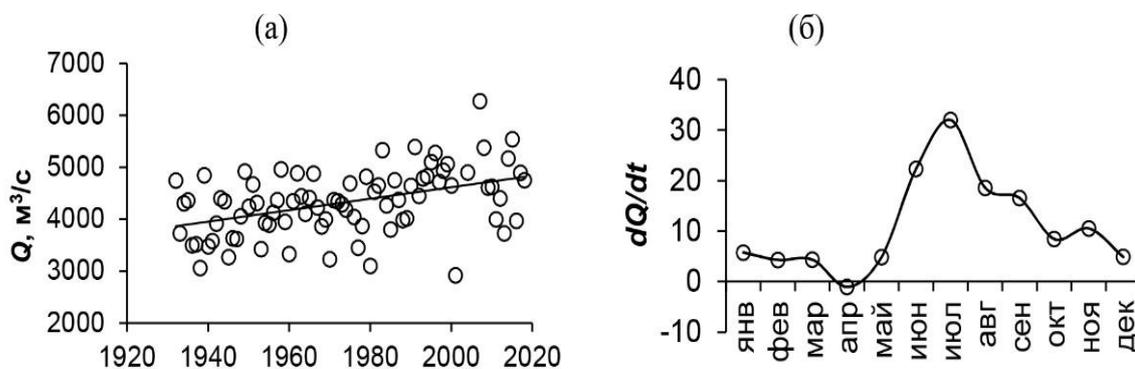


Рис. 1 – Межгодовая динамика среднегодового расхода реки Печора (а); угловые коэффициенты линейных трендов динамики значений среднемесячных расходов реки Печоры (б)

Наблюдается увеличение среднегодового расхода реки. Причём, максимальное увеличение стока произошло в самом жарком месяце года – июле, что может быть напрямую связано с процессами изменения климата и деградации криолитозоны. Достоверное увеличение расхода реки зафиксировано во все месяцы, кроме периода весеннего половодья (май-июль) и осеннего паводка (октябрь).

В Таблице 1 приведены данные статистического анализа межгодовой динамики среднемесячных и среднегодового расхода реки Печоры. Увеличение расхода реки в зимний период может быть связано также с климатическими изменениями, которые привели к увеличению поступления подземного стока.

Таблица 1 – Статистический анализ наличия межгодовых трендов динамики расхода реки Печора

Период	Z*	P**	Решение
январь	6.184	1.000	увеличение
февраль	6.737	1.000	увеличение
март	7.52	1.000	увеличение
апрель	3.142	0.9992	увеличение
май	0.256	0.6009	нет тренда
июнь	0.932	0.8244	нет тренда
июль	2.379	0.9923	увеличение
август	3.614	0.9998	увеличение
сентябрь	2.859	0.9979	увеличение
октябрь	1.51	0.9345	нет тренда
ноябрь	2.541	0.9945	увеличение
декабрь	3.128	0.9991	увеличение
год	4.082	1.000	увеличение

\*Z – нормализованный критерий Манн-Кендалла;

\*\*P – уровень значимости (0.95)

В периоды межсезонья на объем стока оказывают значительное влияние многие факторы (скорость таяния, заторы, осадки и др.) что приводит, по всей видимости, к «смазыванию» тренда в результате больших межгодовых вариаций.

Однако, на увеличении водности рек в данном регионе может влиять и хозяйственная деятельность человека. В масштабе крупные реки, такой как Печора антропогенную составляющую увеличения стока вычленить очень сложно, но на малых реках этот эффект может быть очень значительным. На рисунке (Рис. 2) приведена межгодовая динамика среднемесячных расходов реки Колва в январе – апреле.

Видно, что начиная с 2000-х годов произошло резкое увеличение расхода реки. Такой характер увеличения не может быть связан с природными процессами, однако вполне согласуется с динамикой добычи нефти в Ненецком автономном округе (1984–2008 гг) [3]. В верхнем течении реки Колва и её притока реки Колвавис сосредоточено большое количество нефтяных месторождений Центрально-Хорейверского поднятия, открытых в основном в конце 80-х годов, и в настоящее время активно эксплуатируемых (Колвинское, Сихорейское, Западно-Хоседаюское, Висовое, Верхнеколвинское, Северно-Хоседаюское имени А. Сливки). Примерно в это же время (с конца 90-х годов) произошло систематическое увеличение концентрации нефтепродуктов в водах реки Колва [4].

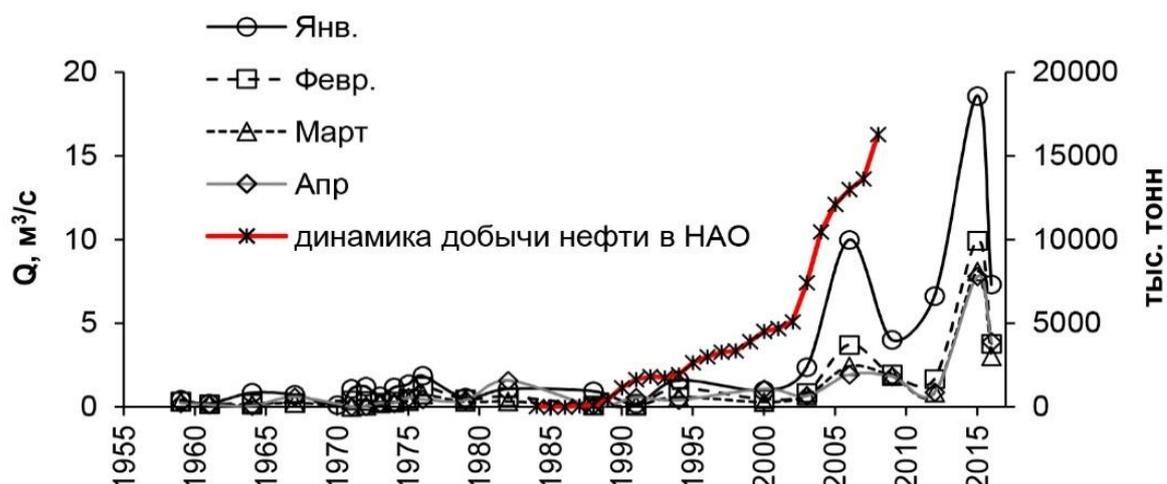


Рис. 2 – Динамика среднемесячных расходов реки Колва (январь, февраль, март, апрель) и динамика добычи нефти в НАО в период с 1984–2008 гг.

Как видно из приведённых данных, объем стока реки Печора возрастает неравномерно, в разные месяцы эффект проявляется в большей или меньшей степени. Для оценки возможного увеличения стока элементов, мы проследили динамику концентраций в годовом гидрологическом цикле (фракция <0.45 мкм). Были выделены 6 группы элементов в зависимости от поведения: 1 – элементы, поступающие в основном с подземным стоком, имеют максимальные значений концентраций в зимний период и конце лета, минимумы в период весеннего и осеннего паводка (РНУ, Cl-, SO42-, Li, B, Na, Mg, Ca, Rb, Sr, Ba, U); 2 – элементы «переходных периодов» имеют самые высокие значения концентраций в мае-июне и октябре–ноябре (POY, Be, V, Ni, Ga, Nb, Y, Zr, P3Э, Hf, Ta, Th) или ноябре-декабре (Al, Ti,); 3 – элементы, по всей видимости, максимально вовлекаемые в биологические процессы, имеют минимум концентраций в июле-сентябре, в период максимальной активности гидробионтов: Si, K, Ge; 4 – элементы с максимумом концентрации в период ледохода, т.е. перед максимумом расхода – май (Mn, Co, Cd, Ta); 5 – элементы со специфической годовой динамикой Fe – три годовых максимума, в половодье, осенью и в зимнюю межень, As и Mo – максимум концентрации в июле-августе; 6 – элементы, не проявившие выраженной сезонной динамики: Cu, Zn, Te, Cs, W, Tl, Pb.

Таким образом, в результате анализа межгодовой динамики расхода реки Печора и динамики концентраций элементного состава вод в гидрологическом цикле, можно достоверно говорить об увеличении расхода реки, как в результате климатических изменений, так и в результате хозяйственной деятельности человека. Хотя последний факт может быть и несущественен для такой крупной реки как Печора и его эффект будет «сглажен» межгодовыми вариациям. Максимальное увеличение стока зафиксировано для месяцев минимального стока (зимняя и летняя межени), поэтому при условии постоянства элементного состава вод можно говорить об увеличении потока элементов в первую очередь принадлежащих к 1, 3 и 5 группам.

*Исследование выполнено в ходе выполнения проекта ФНИР №0409-2015-0140 и гранта РФФИ 17-05-00348.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный реестр [Электронный ресурс].-Режим доступа: [https://water-rf.ru/Водные\\_объекты/542/Печора](https://water-rf.ru/Водные_объекты/542/Печора)
2. Производственные силы Коми АССР [Электронный ресурс].-Режим доступа: URL: <http://www.book-ist.ru/prkomi/>

3. Региональный портал Ненецкого АО [Электронный ресурс].-Режим доступа: <https://www.info83.ru/nao-about/razvedka-dobicha-nefti>
4. Загвоздкин В.К., Маркарова М.Ю. Презентация «Защита водных объектов и методы очистки акваторий от нефтяных загрязнений. Результаты и перспективы [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/381497/>

## **ДЕШИФРИРОВАНИЕ СНИМКОВ БПЛА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*К.В. Шошина, Р.А. Алешко*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, [kshoshina@narfu.ru](mailto:kshoshina@narfu.ru)

Системной проблемой, сдерживающей эффективное лесопользование, является отсутствие достоверной информации о наличии лесных ресурсов. Данные лесоустройства играют важную роль при лесном планировании и освоении лесов. Несвоевременное проведение лесоустроительных работ, инвентаризации лесов приводит к искажению сведений о количестве и качестве древесных насаждений на лесных участках, что не позволяет планировать развитие лесопромышленного комплекса [1].

Лесоустройство основываются на главном материале – пространственных данных в виде карт и снимков высокого разрешения. В последнее время начинают использоваться снимки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Дешифрирование объектов на основе снимков с разрешением в несколько сантиметров и получение на их основе картографического материала используется достаточно широко. Многие предприятия лесной промышленности внедряют средства автоматизации мониторинга лесных ресурсов, повышая точность и достоверность информации.

Для автоматизированного дешифрирования детального цифрового снимка необходимо выбрать методологию, позволяющую устранить недопонимание между специалистами предметной области, в данном случае, лесного хозяйства и программистами. Это позволит уменьшить количество ошибок при отладке программ и, соответственно, количество итераций в процессе создания системы автоматизированного дешифрирования. Проведя анализ методологий моделирования систем знаний предметных областей, была выбрана методология концептуального моделирования предметных задач [2], позволяющая создавать автоматизированные системы различного назначения. Здесь под концептуальной моделью понимается триплет  $O = \{M, R, L\}$ ,  $M$  – множество элементов (концептов),  $R$  – множество структурных связей на этих элементах,  $L$  – множество ограничений на связи и элементы.

Данная методология обеспечивает [2]:

- выделение категорий, объективно отражающих проектную деятельность на различных уровнях абстрагирования;
- определение типов и видов связей между категориями;
- определение и описание правил и ограничений;
- описание взаимосвязей концептуальных конструкций на различных уровнях абстрагирования.



Рис. 1 – Диаграмма декомпозиции векторизации полигонов на снимке БПЛА

Определив основные понятия и модель предметной области, возможно переходить к декомпозиции процессов автоматического дешифрирования.

На рисунке 1 представлена общая схема процессов векторизации полигона. Далее каждый процесс проходит декомпозицию. Процесс декомпозиции процесса b2.2 представлен на рисунке 2.

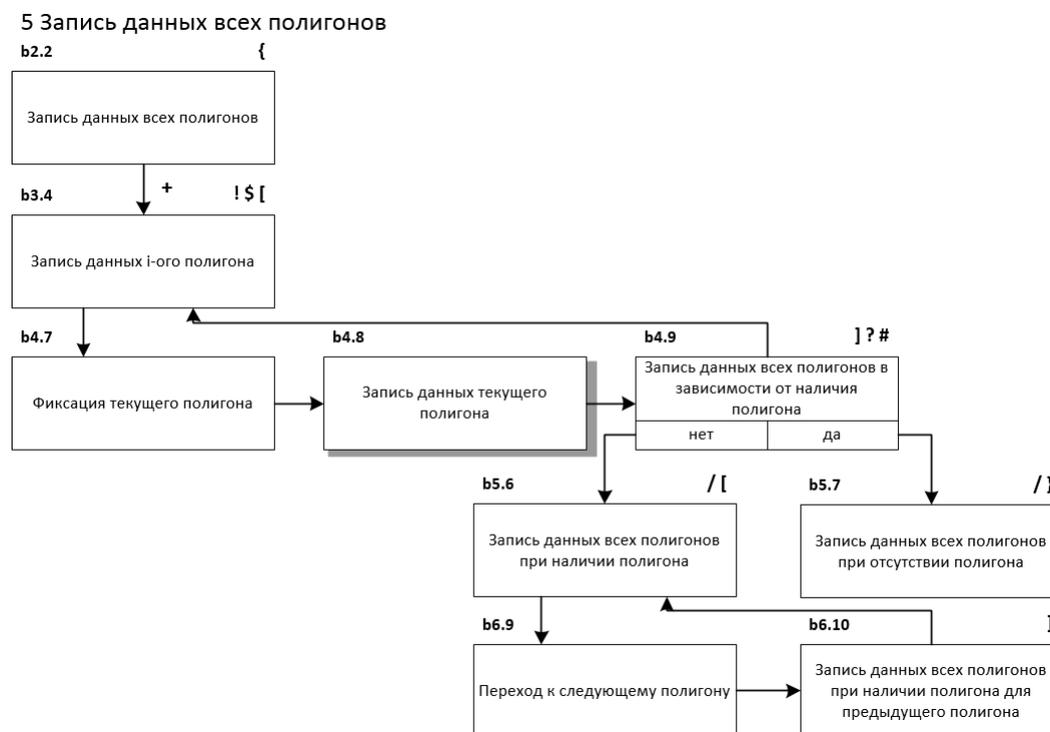


Рис.2 – Декомпозиция процесса «Запись данных всех полигонов»

После декомпозиции процессов автоматизированного тематического дешифрирования на всех уровнях перейдем к описанию элементарных действий, данные которого представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Описание элементарных действий

Код действия	Наименование действия	Аргументы действия	Функция действия
b2.3	Освобождение памяти	- объект для хранения полигона	- освобождённая память
b3.3	Создание объекта для хранения геометрии и атрибутов полигона	- слой для полигонов	- объект для хранения геометрии и атрибутов полигона

Код действия	Наименование действия	Аргументы действия	Функция действия
b4.1	Создание shapefile в указанной директории	- путь с именем файла	- shapefile
b4.2	Задание системы координат	- система координат - shapefile	- shapefile
b4.3	Создание слоя для полигонов	- наименование слоя	- слой для полигонов
b4.4	Создание атрибута «порода»	- слой для полигонов - наименование атрибута - тип атрибута	- слой для полигонов

Согласно теории концептуального моделирования [2] далее описываются структуры параметров предметных действий задач, описываются структурные свойства действий задач и строится матричная диаграмма, позволяющая отразить представление задачи автоматизации дешифрирования снимка БПЛА в целом. Данная матрица позволяет контролировать корректность ввода аргументов при разработке сложных алгоритмических конструкций, а также выявляет необходимость дополнительной детализации сложных процессов.

Общие принципы концептуального моделирования автоматизированной обработки снимков БПЛА позволяют приступить к созданию инструментария по интеллектуальной поддержке процесса проектирования. Основой программного продукта должна стать база знаний проектных задач. Представление и интеграция знаний в интеллектуальной системе обеспечат совместную интерпретацию на основе единого концептуального представления.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 18-37-00120)*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шошина К.В. Разработка методов и средств автоматизированной обработки пространственных данных лесных дорог на основе структурного моделирования: дис. ... канд.техн.наук. М., 2016. 186 с.
2. Волкова Г.Д. Концептуальное моделирование предметных задач: учеб. пособие / Г.Д. Волкова.-М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2015. 117 с.

# **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЛАНДШАФТЫ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ**



## THE SWAN CHAMPIONS IN THE RUSSIAN ARCTIC: A COMMUNITY APPROACH TO REDUCING THE POACHING OF BEWICK'S SWANS

*J. L Newth*<sup>1</sup>, *G. Mikhailova*<sup>2,7</sup>, *V. Anufriev*<sup>2</sup>, *P. Glazov*<sup>6</sup>, *A. Chistiakov*<sup>7</sup>, *I. Semenov*<sup>7</sup>, *S. Dench*,<sup>1</sup> *A Belousova*<sup>8</sup> & *E.C. Rees*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wildfowl & Wetlands Trust (WWT), Slimbridge, Gloucestershire, UK

<sup>2</sup> Federal Research Center for Integrated Arctic Research, the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

<sup>3</sup> Green Home, 166002, the Nenets Autonomous Okrug, The settlement of Iskatei Street of Friendship 18 apartment 20, Nar'Yan-Mar, Russia

<sup>4</sup> Nenetskiy Zapovednik, Nar'Yan-Mar, Russia

<sup>5</sup> All-Russian Research Institute for Environmental Protection, Moscow, Russia

<sup>6</sup> Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>7</sup> EthnoExpert SIA, Riga, Latvia

<sup>8</sup> All-Russian Research Institute for Environmental Protection, Moscow, Russia

The Russian Arctic hosts the entire population of the endangered Northwest European Bewick's swan each summer. The species is legally protected from hunting under legislation throughout its migratory range, yet illegal shooting remains a threat in several countries (Fig. 1) [1, 2]. International co-operation has culminated in efforts to reduce hunting of swans, an action identified as a high priority in the Bewick's Swan Single Species Action Plan adopted by the African-Eurasian Migratory Waterbird Agreement in 2012 [3]. Communities in the Nenets Autonomous Okrug and Arkhangelsk Oblast are leading the way by using multi-disciplinary and participatory approaches to further evidence and understanding of the issue and implement activities to reduce the poaching of Bewick's swans and other protected waterbirds.

Motivations for hunting, individual hunting behaviour, attitudes towards swans and activities to reduce illegal hunting have been identified through dialogue and surveys with local communities in the Nenets Autonomous Okrug and Arkhangelsk Oblast. In a survey of 236 hunters undertaken in 2016, 91% believed that it was important to maintain Bewick's swans in the arctic landscape for future generations. Perceived motivations for hunting Bewick's swans in their breeding range included a lack of enforcement of protective laws, food, sport, the swans arrival in spring coinciding with the open hunting season, a perception that numbers are increasing/too high, a perception that they have a negative impact on other breeding waterbirds and a lack of awareness that they are protected; 18% of hunters were unaware that they were listed in the Russian Red Data Book. Only 14% (n=232) of hunters could visually distinguish Bewick's swans from two other swan species that reside in the region [2].

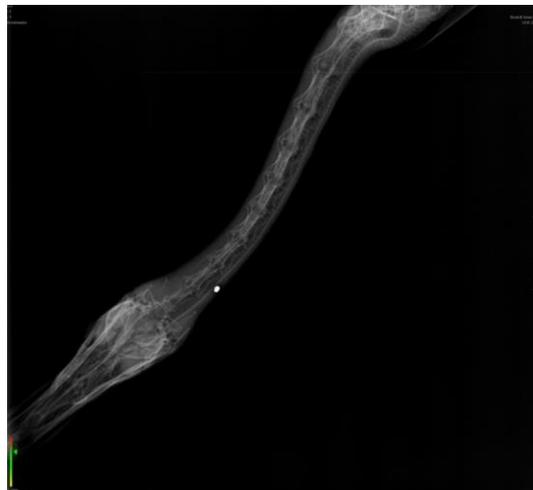


Fig. 1 – a live Bewick's swan with shot embedded in its neck (Photo by WWT)

A range of stakeholders in these regions including academics, conservation organisations, indigenous associations, regional government bodies, tourism agencies, educators and local museums have come together and planned activities to reduce poaching. In spring 2019, 3,000 leaflets (Fig. 2) and 60 posters which will help hunters to identify protected and huntable species were distributed to hunters across the Nenets Autonomous Okrug (Fig. 2). Other activities planned include educational resources so that young people can learn about migratory waterbirds and wetlands, a travelling swan art exhibition, and a film tour to raise awareness about the swans and their conservation. If successful, this model can be applied to other countries across the European flyway where poaching of Bewick's swans and other waterbirds occur.



Fig. 2 – A “Memo for Hunters in the Nenets Autonomous Okrug”

#### BIBLIOGRAPHY

1. Newth J.L., Brown M.J., Rees E.C. Incidence of embedded shotgun pellets in Bewick's swans *Cygnus columbianus bewickii* and whooper swans *Cygnus cygnus* wintering in the UK // *Biological Conservation*. 2011. № 144. P. 1630–1637.
2. Newth J.L., Wood K.A., McDonald R.A., Nuno A., Semenov I., Chistyakov A., Mikhaylova R., Bearhop S., Belousova A., Glazov P., Cromie R.L., Rees, E.C. Conservation implications of misidentification and killing of protected species // *Conservation Science and Practice*. 2019. DOI:10.1111/csp2.24
3. Nagy S., Petkov N., Rees E.C., Solokha A., Hilton G., Beekman J., Nolet, B. International single species action plan for the Northwest European Population of Bewick's Swan (*Cygnus columbianus bewickii*) // *AEWA Technical Series*. 2012. № 44. Bonn, Germany.

## ЭКОЛОГИЯ, ФИЛОГЕНИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА SPHAEIIDAE В АРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Ю.В. Беспалая<sup>1,2,3</sup>, О.В. Аксёнова<sup>1,2,3</sup>, О.В. Травина<sup>1</sup>, А.Р. Шевченко<sup>1,2</sup>, С.Е. Соколова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, jbespalaja@yandex.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Отличительной особенностью арктических ландшафтов является большое количество озер, которые вносят существенный вклад в биоразнообразии Арктики. Этот широкий спектр пресноводных экосистем включает среды обитания различной экологической сложности и поддерживает разнообразие живых организмов, приспособленных к жизни в экстремальной среде [1]. Моллюски нередко являются главной составляющей продуктивности пресноводных экосистем и способствуют их нормальному функционированию, участвуют в передаче энергии к верхним трофическим уровням. Кроме того, они нередко являются основным компонентом кормового ресурса многих видов рыб, в том числе имеющих важное промысловое значение и могут оказывать влияние на продукцию и распределение рыб в водоемах [2]. Однако, несмотря на их центральную роль в пресноводных экосистемах, фауна и экология пресноводных моллюсков в Арктике остаются слабо изученными. В то же время, несмотря на то, что вопросы биогеографии и филогеографии арктической фауны, связанные с историей оледенений активно изучаются в последние годы [3, 4], исследования обозначенной группы на основе молекулярно-генетических данных носят фрагментарный характер.

В настоящей работе представлены результаты исследований по изучению биоразнообразия, экологии, филогении и биогеографии пресноводных моллюсков семейства Sphaeriidae, проведенных в период 2010–2018 гг. на Соловецком архипелаге [5], островах Колгуев и Вайгач [6], архипелаге Новая Земля [7], в Большеземельской тундре (бассейн р. Адзвы) [8], полуостровах Ямал [9] и Гыданский.

В ходе многолетних исследований были выявлены особенности распространения моллюсков в высокоширотных водоемах в зависимости от факторов среды [6, 8, 10].

Изучены особенности размножения пресноводных моллюсков в зависимости от факторов среды в арктических водоемах разного типа [10]. Установлено, что в неблагоприятных условиях окружающей среды пресноводные двустворчатые моллюски способны к выработке репродуктивных стратегий, направленных на повышение успеха размножения популяции. Установлено, что длина раковины особей *P. casertanum* отрицательно коррелирует с содержанием макро-ионов, в частности  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Среднее количество эмбрионов положительно коррелировало с содержанием  $\text{Mg}^{2+}$ .

Установлены причины аномально высокой биологической продуктивности ряда озер Большеземельской тундры, связанные с конвективным теплообменом озерных вод с подозерными грунтовыми таликами [8].

Доказано, что в озерах Святое и Круглое Южного острова Новой Земли обитает три вида двустворчатых моллюсков *Pisidium* cf. *conventus* (Clessin, 1877), *P. globulare* (Westerlund, 1873) и *P. waldeni* (Kuiper, 1975) [7, наши неопубликованные данные]. Виды *P. waldeni* и *P. globulare* были впервые зарегистрированы для водоемов архипелага Новая Земля. Полученные молекулярно-генетические данные указывают на то, что современная пресноводная малакофауна Новой Земли сформировалась

вследствие недавних миграционных процессов после последнего Ледникового Максимиума.

Выявлено, что в озерах о. Вайгач, о. Колгуев, п-вов Ямал и Гыданский обитает неарктический вид *Sphaerium* sp., родственной с моллюсками из озер Северной Америки, что указывает на древний обмен между Неарктической и Палеарктической пресноводными фаунами и подтверждает существование пресноводных рефугиумов в европейской части российской Арктики во время последнего ледникового максимиума [11].

Уточнен фаунистический состав моллюсков в различных водоемах европейской части Российской Арктики [5, 7, 8, 10, 11].

Авторы выражают благодарность А.В. Кондакову и А.А. Томиловой (ФИЦКИА РАН) за проведенные молекулярно-генетические исследования. Исследование проведено в ходе выполнения проектов РФФИ (№ 17-44-290016\_p\_a), Президиума УрО РАН (№ 0409-2018-0148), РФФ № 19-14-00066 и Минобрнауки России РФ (№ 0409-2016-0022, № 6.2343.2017/4.6).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wrona F.J., Prowse T.D., Reist J., Beamish R., Gibson J.J., Hobbie J., Jeppesen E., King J., Koeck G., Korhola A., Lévesque L., Macdonald R., Power M., Skvortsov V., Vincent W. Freshwater ecosystems and fisheries. In: Arctic climate impact assessment, ACIA (C. Symon, L. Arris & B. Heal, eds). Cambridge University Press, New York. 2005. P. 353–452.
2. Rasmussen J., Littoral Zoobenthic biomass in lakes, and its relationship to physical, chemical, and trophic factors // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 45. No. 8. P. 1436-1447.
3. Bolotov I.N., Aksenova O.V., Bespalaya J.V., Gofarov M.Y., Kondakov A.V., Paltser I.S., Stefansson A., Travina O.V., Vinarski M.V. Origin of a divergent mtDNA lineage of a freshwater snail species, *Radix balthica*, in Iceland: cryptic glacial refugia or a postglacial founder event? // Hydrobiologia. 2017. No. 787. P. 73-98.
4. Weider L.J., Hobæk A. Phylogeography and arctic biodiversity: a review // Annales Zoologici Fennici. 2000. Vol. 37. P. 217-231.
5. Беспалая Ю.В., Болотов И.Н., Усачёва О.В. Структура и видовое разнообразие топических группировок моллюсков в озерах Соловецких островов и Онежского полуострова (северо-запад России) // Экология. 2011. № 2. С. 126-133.
6. Bespalaya Y. Molluscan fauna of an Arctic lake is dominated by a cosmopolitan *Pisidium* species // Journal of Molluscan Studies. 2015. Vol. 81. P. 294-298.
7. Bespalaya Y.V., Bolotov I.N., Aksenova O.V., Kondakov A.V., Spitsyn V.M., Kogut Y.E., Sokolova S.E. Two *Pisidium* species inhabit freshwater lakes of Novaya Zemlya Archipelago: the first molecular evidence // Polar Biology. 2017. Vol. 40. P. 2119-2126.
8. Болотов И.Н., Беспалая Ю.В., Аксёнова О.В., Гофаров М.Ю., Соколова С.Е. Структура населения моллюсков в реликтовых озерах с аномально высокой биологической продуктивностью на востоке Европейской Субарктики // Биология внутренних вод. 2014. № 1. С. 65–75.
9. Bespalaya Y., Joyner-Matos J., Bolotov I., Aksenova O., Gofarov M., Sokolova S., Shevchenko A., Travina O., Zubry N., Aksenov A., Kosheleva A., Ovchinnikov D. Reproductive ecology of *Pisidium casertanum* (Poli, 1791) (Bivalvia: Sphaeriidae) in Arctic lakes // Journal of Molluscan Studies. 2019. Vol. 85. P. 11-23.
10. Bespalaya Y., Bolotov I., Aksenova O., Kondakov A., Gofarov M., Paltser I. Occurrence of a *Sphaerium* species (Bivalvia: Sphaeriidae) of Nearctic origin in European Arctic Russia (Vaigach Island) indicates an ancient exchange between freshwater faunas across the Arctic // Polar Biology. 2015. Vol. 38. P. 1545-551.

11. Bespalaya Yu.V., Aksenova O.V., Zubriy N.A. Molluscan fauna on the lower reaches of the Syoyakha River (Yamal Peninsula) // Arctic Environmental Research. 2018. Vol. 18. No. 2. P. 76–81.

**РЫБЫ-ХОЗЯЕВА, МОРФОЛОГИЯ ГЛОХИДИЙ И ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ  
ЭНДЕМИЧНОЙ ПРЭСНОВОДНОЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ *MARGARITIFERA  
DAHURICA* (MIDDENDORFF, 1850) ИЗ БАССЕЙНА Р. АМУР**

*И.В. Вихрев*<sup>1,2</sup>, *И.Н. Болотов*<sup>1,2</sup>, *А.В. Кондаков*<sup>1,2</sup>, *М.Б. Кабаков*<sup>1</sup>, *Д.Г. Чухчин*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, mike-kab@yandex.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

Жемчужницы (Bivalvia: Margaritiferidae), это небольшое семейство пресноводных двустворчатых моллюсков, состоящее всего из 16 видов [5], при этом рыбы-хозяева глохидий известны менее чем для половины из них. Идентификация хозяев исключительно важна для охраны пресноводных жемчужниц, которые являются эдификаторными видами бентосных сообществ олиготрофных рек. Как и другие наяды, пресноводные жемчужницы непосредственно воздействуют на бентосные процессы, перемешивая верхние слои донных отложений и обеспечивая осаждение питательных веществ в результате фильтрации [2, 7]. Одной из причин сокращения популяции жемчужниц является уменьшение численности или локальное вымирание рыб-хозяев [4, 6]. *M. dahurica* занесена в «Красную книгу МСОП» в категории «Data Deficient» [8]. Наши ограниченные знания об экологии и биологии даурской жемчужницы не позволяют правильно оценить возможные угрозы.

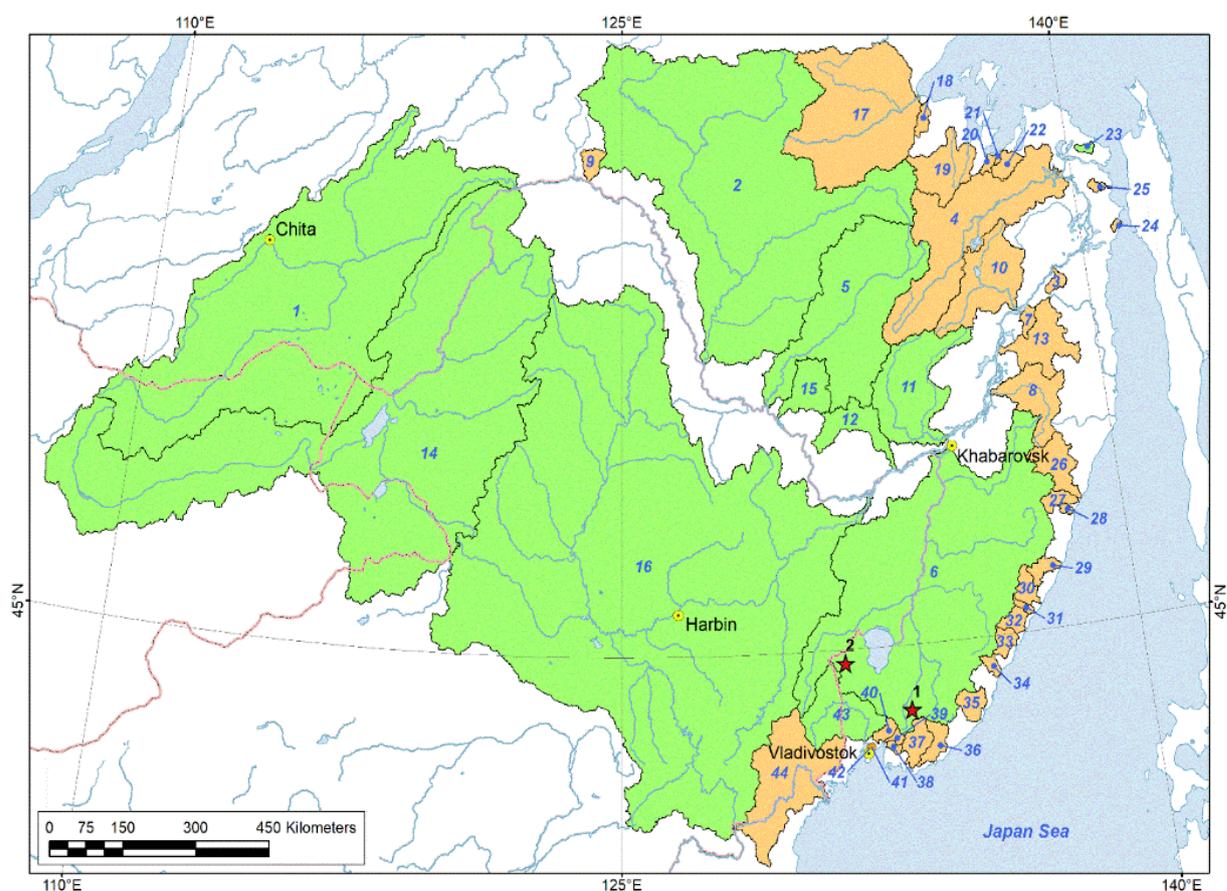
*M. dahurica* распространена по всему бассейну реки Амур на российском Дальнем Востоке и в Китае, а также в нескольких смежных речных бассейнах Охотского и Японского морей (рис. 1).

*M. dahurica* - единственный вид из рода, рыбы-хозяева которого до сих пор неизвестны. Целью настоящего исследования является описание жизненного цикла *M. dahurica* и расширение представлений о коэволюции пресноводных жемчужниц и их рыб-хозяев. Для этого мы: 1) идентифицируем рыб-хозяев *M. dahurica*; 2) опишем морфологию глохидий; и 3) оценим сроки воспроизводства *M. dahurica*.

Глохидии были собраны до начала метаморфоза, сразу после их вымета из моллюсков в реке Тырма (бассейн р. Уссури) вблизи пос. Тырма (50.0159° с.ш., 132.1271° в.д.) 31 августа 2015 г. и зафиксированы в 96% этаноле. Отбор проб предполагаемых рыб-хозяев проводился в марте и в конце мая 2017 года в реке Муравейка (бассейн р. Уссури) у села Еловка (43,8432 ° с.ш., 133,2160 ° в.д.) и в двух притоках реки Комиссаровки (бассейн озера Ханка) около села Барабаш-Левада (44.7641° с.ш., 131.4217° в.д.) (рис. 1). Рыбы, пойманные в марте, хранились в замороженном виде до исследования жабр в лаборатории. Жабры каждого экземпляра рыбы из всех выборок были исследованы с помощью световой микроскопии. Жабры рыб из майской выборки, а также кусочки мягких тканей мышц рыб были зафиксированы в 96% этаноле для дальнейшего мгенетического анализа. Фиксированный материал был депонирован в коллекции Российского музея горячих

точек биоразнообразия (РГБХ), Федерального центра комплексных исследований Арктики РАН, Архангельск, Россия.

Жабры нижеамурского хариуса (*Thymallus tugarinae* Knizhin, Antonov, Safronov & Weiss, 2007), тупорылого ленка (*Brachymystax tumensis* Mori, 1930) и острорылого ленка (*Brachymystax lenok* (Pallas, 1773)), зараженные глохидиями, были отобраны для последующей видовой идентификации глохидий и рыб с помощью методов анализа частичных последовательностей генов COI и cyt-b. Полученные последовательности были проверены с использованием редактора последовательностей (BioEdit v. 7.2.5 (Hall, 1999)). Полученные последовательности сравнивали с последовательностями из базы данных NCBI GenBank с использованием алгоритма BLAST ([www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)).



Зеленой заливкой обозначены речные бассейны, в которых ленок и жемчужница обитают совместно, желтой заливкой обозначены речные бассейны, в которых отмечены только ленки. Красными звездочками отмечены места, где были собраны рыбы-хозяева: (1) р. Муравейка и (2) р. Комиссаровка

Рис. 1 – Карта распространения *Margaritifera dahurica* и ее рыб хозяев из рода *Brachymystax* на Дальнем Востоке России.

Морфология свободноживущих (N = 144) и инцистированных на жабрах рыб глохидий (N = 35) была изучена с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии. Подготовка фиксированных глохидий для микроскопии проводилась по общей схеме, описанной Хоггартом [3] с нашими модификациями. Глохидиальную массу, хранящуюся в 96% этаноле, промывали деионизированной водой и выдерживали при 57 ° C в растворе 390 мл фосфатного буфера (pH = 6,86) и 10 мкМ протеиназы К (концентрация = 4 мг / мл). Образцы проверяли каждые 15 минут и прекращали

нагревать, когда наблюдались первые глохидии с открытыми створками. После этого глохидии были промыты дистиллированной водой и зафиксированы в 96% этаноле перед исследованием. Измерения длины, высоты и ширины свободноживущих глохидий и инцистированных личинок на жабрах замороженных и фиксированных 5% формальдегидом рыб были выполнены под световым микроскопом (Carl Zeiss Axio Lab.A1, ZEISS, Йена, Германия) с использованием программного обеспечения ZEN.

Перед сканирующей электронной микроскопией SEM суспендированные глохидии немедленно замораживали при  $-80^{\circ}\text{C}$  и затем лиофилизировали. Изображения образцов были получены с помощью прибора SEM Sigma VP ZEISS (ZEISS, Йена, Германия) (10 кВ, детектор InLens) в Центре базовых установок «Арктика» Северного Арктического федерального университета, Архангельск, Россия (уникальный идентификатор RFMEFI59417X0013), Платиново-палладиевое покрытие толщиной до 5 нм было нанесено на поверхность с помощью устройства Q150TES (QUORUM) для повышения контрастности изображения.

Глохидии *M. dahurica* были обнаружены с помощью световой микроскопии на одном из десяти нижеамурских хариусов из р. Муравейка и на одном из трех нижеамурских хариусов из притока р. Комиссаровка. По данным световой микроскопии, каждый ленок, пойманный в марте 2017 года, был заражен глохидиями. Среди одиннадцати ленок, пойманных в мае 2017 года в притоке реки Комиссаровки, глохидии были идентифицированы с помощью световой микроскопии на шести рыбах, то есть на четырех тупорылых и двух острорылых лесках (рис. 2).

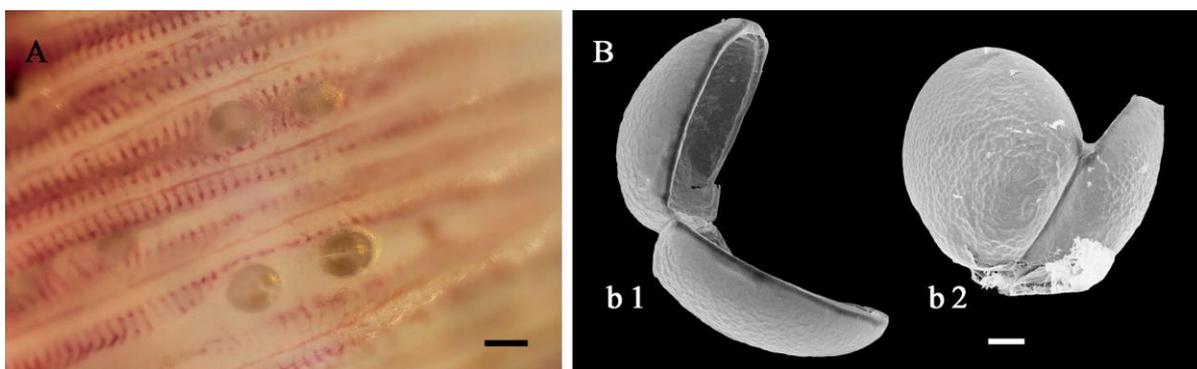


Рис. 2 – Морфология глохидий *Margaritifera dahurica*. (А) Глохидии на жабрах *Brachymystax lenok*, р. Комиссаровка, 24 мая 2017 (масштабная линейка = 100 мкм). (В) SEM микрофотография глохидий, р. Тырма, 31 августа 2015, включая (b1) латеральный вид и (b2) дорсальный вид (масштабная линейка = 10 мкм)

Общие закономерности морфологии глохидий *M. dahurica* сходны с таковыми у других жемчужниц, для которых характерны лишённые крючка, округлые, маленькие личинки, в отличие от снабженных крючком, треугольных и более крупных личинок у Unionidae [1]. Наши результаты показывают, что *M. dahurica* придерживается тахиктической стратегии размножения с длительной паразитарной стадией в зимний период (рис. 3). До настоящего момента, представители рода *Thymallus* еще не рассматривались в качестве потенциальных хозяев для глохидий пресноводных жемчужниц.

Теперь, когда известны хозяева глохидий *M. dahurica*, становится очевидно, что одной из основных угроз для этого вида является сокращение численности ленок в ареале даурской жемчужницы.

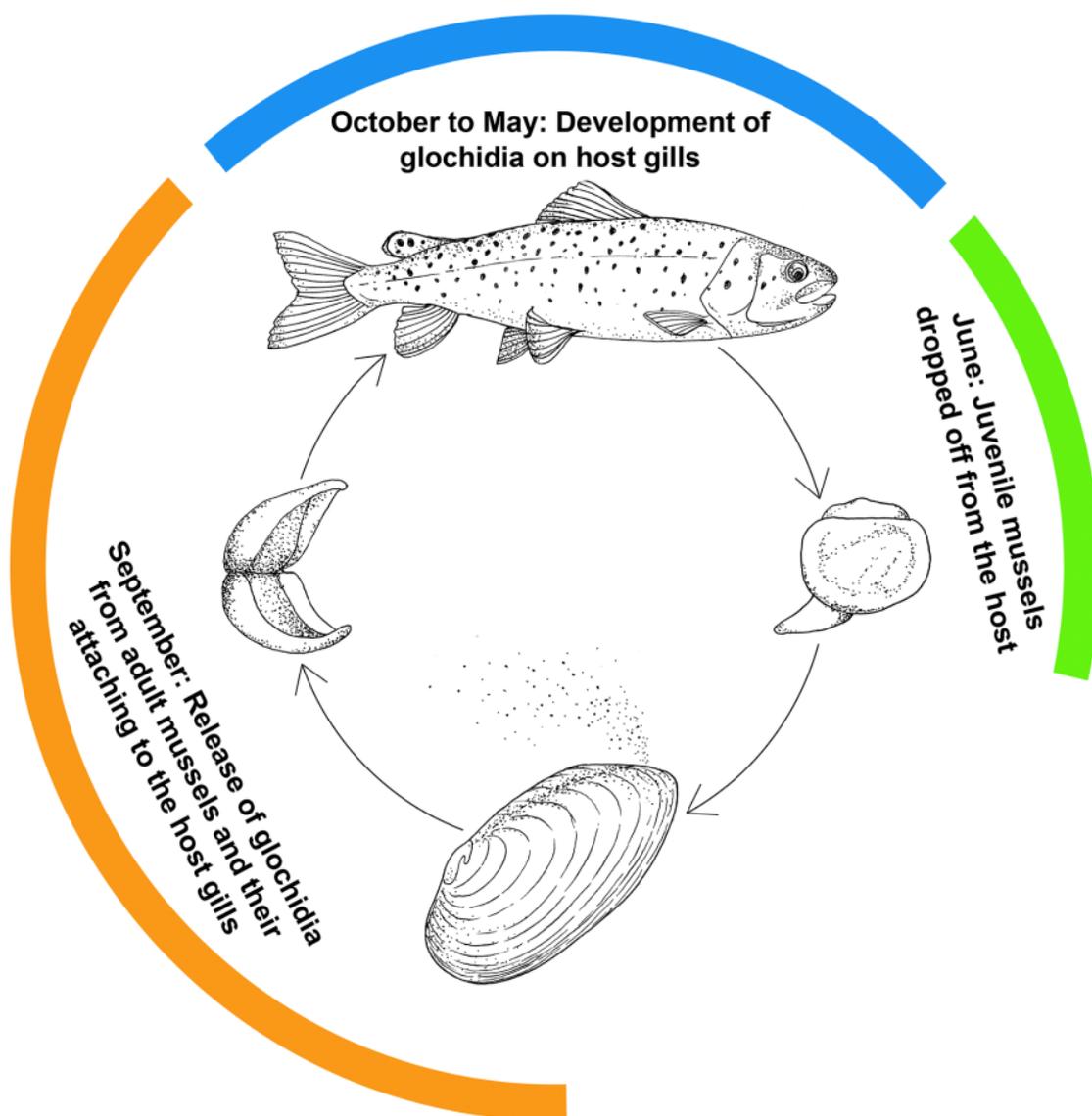


Рис. 3 – Упрощенная схема жизненного цикла *Margaritifera dahurica*  
(Рисунок: И.С. Пальцер)

Исследование проведено в ходе выполнения проектов Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 0409-2019-0041, № 6.2343.2017/4.6), Президиума РАН № 55 «Арктика – научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития», гранта Президента РФ (МК-4723.2018.4), РФФИ (16-34-60152\_мол\_а\_дк, 18-34-20033\_мол\_а\_вед), РНФ (19-14-00066).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barnhart M.C., Haag W.R., Roston W.N. Adaptations to host infection and larval parasitism in Unionoida // Journal of the North American Benthological Society. 2008. № 2 (27). С. 370–394.
2. Gutierrez J.L. [и др.]. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats // Oikos. 2003. № 1 (101). С. 79–90.
3. Hoggarth M.A. Description of some of the glochidia of the Unionidae

- (Mollusca:Bivalvia) // *Malacologia*. 1999. № 1 (41). С. 1–118.
4. Lopes-Lima M. [и др.]. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges // *Biological Reviews*. 2017. № 1 (92). С. 572–607.
  5. Lopes-Lima M. [и др.]. Expansion and systematics redefinition of the most threatened freshwater mussel family, the Margaritiferidae // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2018. (127).
  6. Makhrov A. [и др.]. Historical geography of pearl harvesting and current status of populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in the western part of Northern European Russia // *Hydrobiologia*. 2014. № 1 (735).
  7. Vaughn C.C., Hakenkamp C.C. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems // *Freshwater Biology*. 2001. № 11 (46). С. 1431–1446.
  8. Vinarski M., Seddon M.B. *Margaritifera dahurica* // *The IUCN Red List of Threatened Species 2011*: e.T189503A8740606. 2011.

### **СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ EX SITU И ВОВЛЕЧЕНИЕ ИХ В ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина, Л.Г. Гоголева*

Федеральное бюджетное учреждение «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Архангельск, forestry@sevniilh-arh.ru

Согласно Указу Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 «Сухопутные территории Арктической зоны Российской Федерации» к арктическим территориям относятся некоторые районы Архангельской области, в т.ч. и г. Архангельск. Разнообразие древесных видов в зоне с суровыми климатическими условиями не высокое, но благодаря интродукции и акклиматизации древесных растений в арктическом садоводстве появились многие хозяйственно-ценные, декоративные и плодово-ягодные растения. Исследования в этом направлении проводятся в дендрологическом саду им. В.Н. Нилова «Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства». Исследования проводятся прежде всего с целью расширения разнообразия растений, повышения устойчивости их к неблагоприятным факторам среды, также улучшения экологических условий жизни человека, обогащения его пищевого рациона высоковитаминными продуктами, что особенно важно для регионов с неблагоприятными природными условиями, к каким относится Север России.

Хотя в арктической зоне Российской Федерации, использование экзотических древесных пород незначительно, ситуация в будущем может измениться. Если климатические изменения будут находиться в ряду наихудших сценариев, новая климатическая ситуация может потребовать новых генетических адаптаций при оптимальном использовании условий выращивания. Это может быть достигнуто путем переноса новых генотипов, либо происхождений существующих видов, либо новых видов в этот район [1].

Биологическое разнообразие является главным источником удовлетворения многих потребностей человека и служит основой его приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды. Перед лесным хозяйством страны поставлена в числе главных задача повышения продуктивности и качественного состава наших лесов. Для решения этой задачи исключительно важное значение имеет интродукция быстрорастущих и ценных древесных растений. Лесные культуры древесных экзотов часто значительно превосходят местные растения по продуктивности, иногда превышая запасы наиболее продуктивных местных пород даже в северных и центральных

районах страны в 1,5-2 раза. По результатам исследований ФБУ «СевНИИЛХ» по интродукционному испытанию сосны скрученной на Европейском Севере России было выявлено, что, к 40-50 годам она накапливает 250-300 м<sup>3</sup>/га малосмолистой древесины. Это подтверждает возможность значительного повышения продуктивности лесов путем интродукции ценных древесных экзотов.

Изучению и сохранению биологического разнообразия растений вне естественных мест обитания (ex-situ) в последнее время придается особое значение в программе сохранения разнообразия растений. Причин необходимости сохранения биоразнообразия много: потребность в биологических ресурсах для удовлетворения нужд человека (пища, материалы, лекарства и др.), этический и эстетический аспекты и т.д. Однако главная причина состоит в том, что биоразнообразие играет ведущую роль в обеспечении устойчивости экосистем и биосферы в целом (поглощение загрязнений, стабилизация климата, обеспечение пригодных для жизни условий).

Дендрологический сад им. В.Н. Нилова Федерального бюджетного учреждения «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (ранее Архангельский институт леса и лесохимии – АИЛиЛХ) находится в северо-таёжном лесном районе европейской части Российской Федерации и расположен в окрестностях г. Архангельска. Сад является одним из северных опорных пунктов интродукции растений.

Дендрологический сад был создан в 1960 году по инициативе академика ВАСХНИЛ И.С. Мелехова. В 2012 году дендрологическому саду ФБУ «СевНИИЛХ» решением Ученого Совета было присвоено имя В.Н. Нилова, известному на Европейском Севере лесоводу, одному из создателей коллекции деревьев и кустарников дендрологического сада. В.Н. Нилов был научным руководителем и заведующим лабораторией интродукции древесных растений на протяжении трёх десятков лет. В результате на северной земле интродуцированы и акклиматизированы сотни видов древесных растений, а дендросад стал известен за рубежом и включён во все справочники ботанических садов мира.

В настоящее время на территории сада размещены: дендрарий на площади около 12 га, участок опытно-экспериментальных работ, включающий в себя интродукционный питомник с теплицами сезонного действия для размножения растений и выращивания посадочного материала, плантации хвойных интродуцентов, танидных ив, клоновый архив тополей, селекционные участки высоковитаминного шиповника и облепихи крушиновидной, коллекционный участок сортовой смородины. Около половины территории сада занято северо-таежным лесом, примерно с равным участием приспевающих древостоев сосны и ели.

Формирование коллекции древесных растений дендрологического сада было начато в 1969 году, когда с учетом интродукционных исследований других ботанических садов и дендрариев, расположенных на Севере и в прилегающих к нему регионах с умеренным климатом, был намечен список из 1200 видов деревьев и кустарников для планируемого интродукционного испытания.

За период 1969–1978 гг. большая часть растений из намеченного списка была привлечена к интродукционному испытанию. Всего использовано 5,3 тыс. образцов разводочного материала из различных районов б. Советского Союза и из-за рубежа (преимущественно семена, полученные по обмену с ботаническими садами и дендрариями). Из этого количества около 2 тыс. образцов семян не дали всходов, что свидетельствует о низком качестве семян, рассылаемых ботаническими садами. Таким образом, к интродукционному испытанию было привлечено 3,3 тыс. географических образцов древесных растений, представляющих около 1200 видов 134-х родов 44-х семейств. Формирование коллекции в основном было закончено к 1980 году: тогда в ее составе имелось 850 видов древесных растений, представленных 1815 образцами

различного географического происхождения, большая их часть была высажена на постоянное место в дендрарий [2].

В настоящее время коллекция древесных растений насчитывает 596 видов 76 родов 32 семейства. Они представлены 1165 образцами общей численностью около 7000 растений различного географического происхождения (Европа, Сибирь, Дальний Восток, Средняя Азия, Северная Америка). Из них на долю представителей Европы приходится 26,7%, Сибири – 7,4%, Дальнего Востока – 30,5%, Средней Азии – 4,8%, Северной Америки – 24,7 % и представителей культурного происхождения (гибриды) – 5,9%.

По географическому происхождению разводочного материала доминируют растения из Европейской части России – 51,0% в том числе растения северо-запада России – 57,5%, Центрально-черноземной области России– 41,1%; Прибалтики – 16,2%; Сибири – 9,7%; Дальнего Востока – 7,0%; Беларуси – 6,5%; Средней Азии – 1,9%. Разводочный материал зарубежного происхождения составляет – 7,7% в т.ч.: Скандинавия – 40,3%; Западная Европа – 3,4%; Восточная Европа – 32,2%; Северная Америка (Канада, США) – 24,1%.

Из общего числа видов коллекции 47,1% приходится на долю деревьев, 51,3% составляют кустарники, 0,8% – полукустарники и кустарнички и 0,8% – лианы.

Наиболее богато представлены такие рода, как жимолость (54 вида), роза (48), боярышник (36), спирея (34), смородина (25), береза (28), барбарис (29), ива (24), рябина (25), тополь (14), яблоня (18), ель (17), сосна (15), лиственница (14).

В коллекции имеются редкие для условий Севера экзоты: самшит мелколистный (*Buxus microphylla* Sieb. Et Zucc.); тис канадский (*Taxus canadensis* March.) и остроконечный (*Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc.); шефердия канадская (*Shepherdia canadensis* (L.) Nutt.); рододендроны золотистый (*Rhododendron aureum* Georgi), даурский (*Rhododendron dahuricum* L.), катевбинский (*Rhododendron catawbiense* Michx.) и канадский (*Rhododendron canadense* (L) Torr.); клены мелколистный (*Acer mono* Maxim.) и туркестанский (*Acer turkestanicum* Pax); миндаль низкий (*Amygdalus nana* L.); лунносемянник даурский (*Menispermum canadense* L.); рябина Кене (*Sorbus koehneana* Schneid); айва японская (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.) и катаянская (*Chaenomeles cathayensis* (Hemsl.) Schneid.) и многие другие.

Дендрарий, где сосредоточена коллекция древесных растений сада, состоит из 2-х отделов: систематического, на 25 участках которого растения размещены преимущественно по принципу ботанического родства (по семействам и группам родов) и географического, с участками европейской, среднеазиатской, маньчжурской и североамериканской флор.

Большая часть видов древесных растений коллекции дендросада плодоносят. Установлено, что большинство интродуцентов продуцирует здесь жизнеспособные, высокого класса развития семена. Это дает возможность использовать коллекцию сада в качестве маточника для широкого внедрения хозяйственно-ценных пород в культуру на арктической территории Европейской части России.

Одним из перспективных направлений, позволяющих сохранять ресурсно-экологический потенциал и глобальные функции лесов, и при этом удовлетворять потребности промышленности, является создание плантаций быстрорастущих древесных пород.

С практической точки зрения лесосырьевые плантации – это высококачественные лесные культуры, в основном, из лесообразующих пород региона или интродуцентов, созданные с использованием комплекса передовых научно-обоснованных региональных технологий.

Для плантационного выращивания балансовой древесины на Европейском Севере России испытание проходят две быстрорастущие породы: сосна скрученная и

тополь. Это наиболее перспективные породы, как по продуктивности, так и по качеству получаемой целлюлозы.

Сосна скрученная широкохвойная (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S.Wats.), естественно произрастает в Северной Америке. Анализ зарубежных исследований подтверждает целесообразность использования сосны скрученной для целей лесовосстановления на северо-западе европейского континента. Лесоводы Ирландии, Великобритании, Швеции отмечают, что сосна скрученная является одной из перспективных пород для ускоренного выращивания древесины, пригодной для целлюлозно-бумажной промышленности в странах с умеренным климатом. Широкомасштабная интродукция СС в Швеции началась в 1970. С тех пор в Швеции создано около 600 000 га плантаций сосны скрученной [3].

Начиная с 1979 года, нами накоплен достаточно большой опыт создания плантаций сосны скрученной (53 га), в различных регионах Европейского Севера (Архангельская и Вологодская области, Республика Коми).

В процессе интродукционного испытания было выявлено, что, обладая значительно более мощным ассимиляционным аппаратом, она обгоняет в 15-20-летнем возрасте сосну обыкновенную по высоте в 1,3-1,4 раза, по диаметру в 1,6-1,9, по объему ствола в 2,3 раза. К 40-50 годам накапливает 250-300 м<sup>3</sup>/га малосмолистой древесины. Для сравнения: а ель обыкновенная в ельнике черничнике 63-103 м<sup>3</sup>/га (IV бон.) и ельнике кисличнике 95-155 м<sup>3</sup>/га (III бон.). Сосна скрученная достигает спелости на 20–30 лет раньше сосны обыкновенной и на 40–60 лет раньше ели европейской. Древесина сосны скрученной может быть использована для сульфатной и сульфитной варок. При сульфатной варке сосны скрученной выход сортированной массы составил 45,6%.

Целлюлоза из сосны скрученной имеет также более высокую длину на разрыв и более гибкие волокна.

Сосна скрученная производит на 36% больше древесины, чем сосна обыкновенная, в одинаковых условиях произрастания [4].

Широкому внедрению в плантационное выращивание североамериканской сосны скрученной должен предшествовать ряд этапов интродукционной работы, среди которых можно назвать следующие:

- отбор лучших по фенотипу растений на опытных плантациях;
- создание в регионе собственной семенной базы *Pinus contorta* var. *latifolia*

для обеспечения широкого внедрения этой породы в культуру.

В рамках выполнения государственного задания мы проводим инвентаризацию экспериментальных участков сосны скрученной: в республике Коми, Архангельской и Вологодской областях. Результаты изучения сосны скрученной подтверждают ее перспективность выращивания на Европейском Севере России.

Тополь – еще одна быстрорастущая порода, способная давать технически пригодную древесину при коротком обороте рубки. Общая площадь естественных насаждений тополя по данным Международной тополёвой комиссии ФАО составляет более 75 млн га, из которых 96% приходится на Канаду (30.3 млн га), Россию (24.8 млн га) и Соединенные Штаты Америки (17.7 млн га). Общая площадь тополёвых плантаций составляет 8,6 млн. га, из которых 5,9 млн га (68%) были созданы, в первую очередь, для производства древесины и 2 млн га (23%) в природоохранных целях [5].

Большинство специалистов придерживаются мнения, что выращивание тополя с целью получения древесины перспективно лишь на юге, хотя некоторые виды тополя являются растениями умеренного климата с природными ареалами, достигающими северной подзоны тайги, а на Чукотке – лесотундры. Категоричность этого суждения объясняется отсутствием экспериментальных данных о культивировании тополей на Севере европейской части России, их устойчивости и росте в этом регионе [6].

Ученые СевНИИЛХ первыми на Европейском Севере создали первую тополевую плантацию (1989 г.), как результат многолетнего интродукционного испытания тополей в дендросаду (с 1969 года). Для плантационного выращивания нами были отобраны как наиболее быстрорастущие два таксона тополей: т. волосистоплодный (*P.trichocarpa* Torr.et Gray) и т. невский (*P. × newesis* Bogd.).

Наибольший интерес представляет достаточно зимостойкий в условиях Архангельска и характеризующийся быстрым ростом тополь невский – получен П.Л. Богдановым в 1934 г. от гибридной семьи: тополь канадский × т. бальзамический.

Результаты испытания тополя невского подтвердили прогноз о высокой производительности этого тополя в плантационной посадке. По нашим данным, запас в возрасте 25 лет составил 349 м<sup>3</sup>/га, при среднем приросте 13,9 м<sup>3</sup>/га в год (при густоте посадки 1600 шт./га.). В результате лабораторных варок выход целлюлозы из древесины тополя составляет около 60%. Тополь невский превосходит осину по сезонному приросту диаметра почти в 3 раза. Хорошие результаты показал и тополь волосистоплодный – 230 м<sup>3</sup>/га [7].

Таким образом, созданная и сохраняемая коллекция древесных интродуцентов, используется для широкого внедрения хозяйственно-ценных пород в культуру на арктической территории Европейской части России. На основе многолетних исследований и экспериментальных посадок выявлены перспективные виды для целевого выращивания на плантациях Европейского Севера России. Производству предложены быстрорастущие породы сосна скрученная широколистная и два таксона тополей: волосистоплодный и невский.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания Рослесхоза на 2017-2019 гг. регистрационный № НИОКТР 115042310018*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Winder R., Nelson E. A., Beardmore T. Ecological implications for assisted migration in Canadian forests //The Forestry Chronicle. 2011. 87(6): 731–744.
2. Демидова Н.А., Дуркина Т.М. Каталог древесных растений дендрологического сада им. В.Н. Нилова ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» /3-е издание, измененное и дополненное. Отв. ред. Демидова Н.А.: Архангельск, 2013. 40 с.
3. Демидова Н.А., Дуркина Т.М., Гоголева Л.Г., Демиденко С.А., Быков Ю.С., Парамонов А.А. Рост и развитие сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S.Wats) в условиях северной тайги // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПбНИИЛХ. №2. 2016. С.45-59.
4. Elfing, B. Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden / B. Elfing, O. Norgen // *Pinus contorta* from untamed forest to domesticated crop. – Umea, 1993. – P. 69-80.
5. Improving lives with poplars and willows / Synthesis of Country Progress Reports // 24th Session of the International Poplar Commission. Working Paper IPC/12. Rome: FAO, 2012. 104 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/forestry/ipc2012/en/> (дата обращения 14.05.2019).
6. Демидова Н.А., Дуркина Т.М. Особенности роста и развития тополей в условиях интродукции на Европейском Севере России // Лесной журнал. 2013. № 5. С.78-87.
7. Демидова Н.А., Ярославцев С.В., Дуркина Т.М., Федотов И.В., Ильинцев А.С. Ход роста тополей невского (*Populus × Newesis* Bogd.) и волосистоплодного (*P.trichocarpa* torr.et gray) в Условиях Европейского Севера России // Лесной журнал. 2016. № 3 (351). С. 77-84.

## ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА ЦИТОХРОМ С-ОКСИДАЗЫ I СУБЪЕДИНИЦЫ (COI) *PTEROSTICHUS BREVICORNIS* И *P. EMPETRICOLA* (COLEOPTERA, CARABIDAE) СЕВЕРНОЙ ГОЛАРКТИКИ

Н.А. Зубрий<sup>1,2</sup>, А.В. Кондаков<sup>1,2</sup>, О.А. Хрулева<sup>3,4</sup>, Д.В. Вихрева<sup>2</sup>, Б.Ю. Филиппов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, 9052930111@mail.ru

<sup>2</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

<sup>3</sup> ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, г. Москва

<sup>4</sup> ФГБУ Государственный природный заповедник «Остров Врангеля», г. Певек

В северных широтах к наиболее распространенному и разнообразному семейству жесткокрылых относятся жужелицы [1]. Среди жужелиц в Арктике и Субарктике преобладают представители подрода *Cryobius*. В фауне Палеарктики насчитывается порядка 98 видов *Cryobius* [2]. Для России установлено обитание 56 видов из этого подрода [3]. Общей особенностью подрода *Cryobius* является высокое морфологическое сходство большинства видов, что затрудняет систематическую разработку группы. За последние 50 лет были опубликованы работы по отдельным видам этого подрода, включая группу видов *brevicornis*. По последним данным в эту группу включены 5 видов: *Pterostichus brevicornis* Kirby, 1837, *P. nivalis* R.F.Sahlberg, 1844, *P. empetricola* Dejean, 1828, *P. mandibularoides* Ball, 1966, *P. kolyomensis* Erjomin, 1998 [4]. Среди перечисленных видов наиболее широкий ареал имеет *P. brevicornis*, который в Европе встречается от Скандинавского п-ва до Югорского п-ва, обитает на Урале, в Сибири, на Таймыре, Дальнем Востоке и Чукотке, а также в Северной Америке [5, 6, 7]. Современные подходы в систематике позволяют решить некоторые сложные вопросы с привлечением данных молекулярной биологии. Сложность трактовки границ видов *Cryobius* определило цель работы: изучить внутривидовую изменчивость *P. brevicornis* в северной Голарктике по митохондриальному гену цитохром с-оксидазы I субъединицы (COI).

Материалы и методы. Тотальная ДНК была выделена из 20 высушенных образцов *Pterostichus brevicornis*, с применением фенол-хлороформного метода экстракции [8]. Для амплификации гена цитохром с-оксидазы I субъединицы (COI) использовали следующие комбинации праймеров: LCO1490 [9] с LepR [10] и S1718 с N2329 [11]. Раствор для синтеза фрагмента состоял из 200ng ДНК, 2,5 µl Taq-буфера (20 mM MgCl<sub>2</sub>), 2,5µl раствора всех dNTP (2 mM), по 1 µl обоих праймеров (10 pM), 1 ед. Taq-ДНК-полимеразы и доводили деионизированной водой (ddH<sub>2</sub>O) до объема 25µl. Во всех случаях программа амплификации включала в себя этап первоначальной денатурации ДНК – 5 мин, +95°C; 32-37 циклов синтеза фрагмента ДНК: +95 °C – 50 сек., +42 °C – 50 сек., +72 °C – 1 мин, а также этап окончательной элонгации цепи: +72 °C, 5 мин.

Образцы, подготовленные для определения нуклеотидных последовательностей, передавали на анализ в Межинститутский Центр коллективного пользования «Геном» ИМБ РАН, где их секвенировали при помощи набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе ДНК ABI PRISM 3730 (Applied Biosystems). Выравнивание полученных нами и взятых из GenBank 50 нуклеотидных последовательностей гена COI *Pterostichus brevicornis* и *Pterostichus empetricola* (Табл. 1) было проведено в программе BioEdit v. 7.2.5 [12] с применением алгоритма ClustalW. Расчет межвидовой и внутривидовой изменчивости (p-distance) изучаемого участка гена COI проводили в программе MEGA v.10 [13]. Филогеографический анализ был выполнен методом построения медианной

сети гаплотипов на основе массива из 70 нуклеотидной последовательности гена COI длиной 567 пар нуклеотидов с использованием программы Network v. 4.6.1.3 [14].

Таблица 1 – Встречаемость гаплотипов гена COI в различных популяциях *Pterostichus brevicornis* и *Pterostichus empetricola* северной Голарктики

Районы сбора	Количество генетических последовательностей	Гаплотипы и их встречаемость (в скобках указано количество особей)	Источник
<i>Pterostichus brevicornis</i>			
Россия, Полярный Урал, окр. пос. Харп	5	Hap01 (n = 5)	Наши данные
Россия, Тазовский п-ов	2	Hap01 (n = 2)	
Россия, о. Вайгач	2	Hap02 (n = 2)	
Россия, Югорский п-ов, окр. пос. Амдерма	2	Hap02(n = 1); Hap03 (n = 1)	
Россия, Таймырский п-ов, Ары-Мас	4	Hap04 (n = 2), Hap05 (n = 2)	
Россия, Чукотка, окр. пос. Певек	3	Hap04 (n = 2); Hap05 (n = 1)	
Россия, о. Врангеля	2	Hap05 (n = 1); Hap06 (n = 1)	
Северная Америка: Аляска	16	Hap05 (n = 1); Hap07 (n = 2); Hap08 (n = 9); Hap09 (n = 1); Hap10 (n = 1); Hap11 (n = 1); Hap12 (n = 1)	Данные из баз нуклеотидных последовательностей NCBI GenBank and BOLD Systems v4
Северная Америка: Канада, Манитоба	19	Hap13 (n = 18); Hap14 (n = 1)	
Северная Америка: Канада, Юкон	7	Hap08 (n = 1); Hap15 (n = 2); Hap16 (n = 1); Hap17 (n = 1); Hap18 (n = 1); Hap19 (n = 1)	
<i>Pterostichus empetricola</i>			
Северная Америка: Канада, Британская Колумбия	4	Hap07 (n = 4)	Данные из баз нуклеотидных последовательностей NCBI GenBank and BOLD Systems v4
Северная Америка: Канада, Юкон	2	Hap07 (n = 2)	
Северная Америка: Аляска	2	Hap07 (n = 2)	

Результаты: В ходе анализа последовательностей изучаемого участка гена COI *P. brevicornis* из международных баз данных был выявлен высокий уровень сходства с аналогичным участком для *P. empetricola*. Так как этот вид относится к группе *brevicornis* и имеет высокое морфологическое сходство с *P. brevicornis* [4] мы протестировали генетическое сходство выборок гена COI обоих видов. При анализе нуклеотидных последовательностей гена было обнаружено, что процент замен в изучаемом участке у выборок *P. brevicornis* и *P. empetricola* не превышают 0,33% (p-distance), что соответствует, согласно современным представлениям, общему видовому статусу тестируемых групп выборок. Внутривидовая изменчивость всей выборки по тому же участку гена COI составляет 1,01%. Полученный результат говорит о том, что экземпляры *P. empetricola* из базы данных нуклеотидных последовательностей NCBI GenBank and BOLD Systems v4 имеют общий видовой статус с видом *P. brevicornis*. Это свидетельствует о необходимости использования молекулярно-генетического метода в разработке современной систематики подрода *Cryobius*, а также пересмотре видового статуса *P. brevicornis*.

По итогу филогенетического анализа выборок гена COI *P. brevicornis* и *P. empetricola* были получены 19 гаплотипов (Табл. 1, Рис. 1).

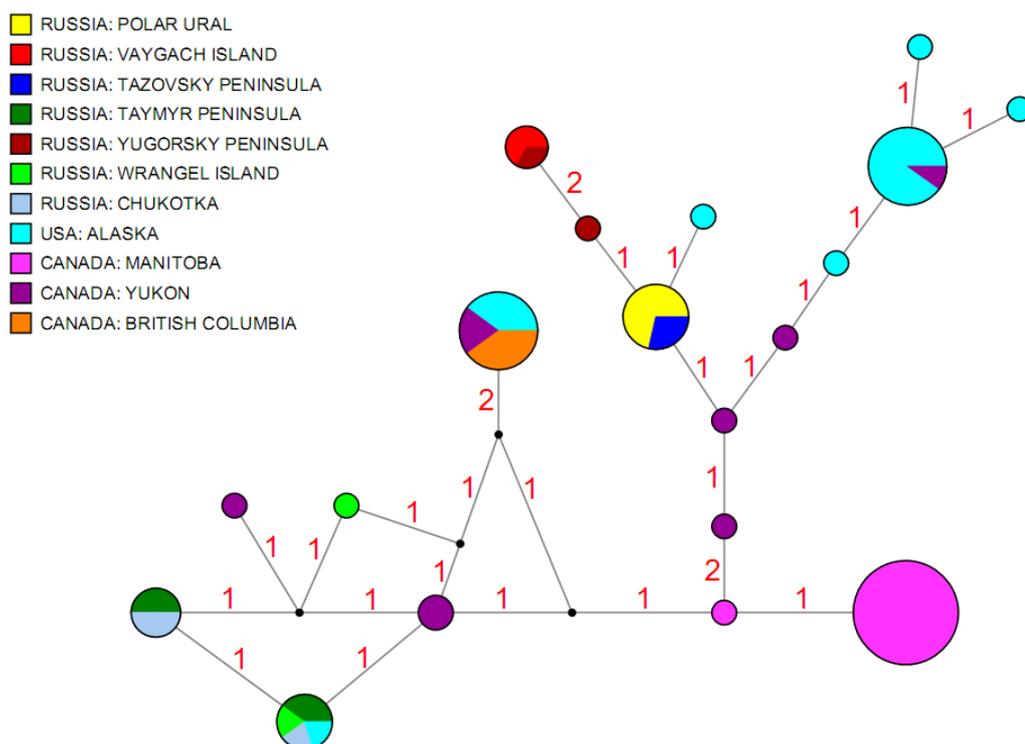


Рис. 1 – Медианная сеть гаплотипов гена COI *Pterostichus brevicornis*. Значения у ветвей – количество нуклеотидных замен между гаплотипами. Маленькие черные кружки – гипотетические анцестральные гаплотипы. Исходные данные представлены в табл. 1.

Наибольшая изменчивость изученного участка гена COI (12 гаплотипов) установлена для популяций вида из североамериканского сектора Берингии [15] – штатов Аляска и Юкон. Это лишь частично можно связать с числом полученных последовательностей, поскольку почти такое же их количество из штата Манитоба, расположенного на территории, подвергавшейся в позднем плейстоцене покровному оледенению [16], содержит всего два гаплотипа (табл. 1). Один из гаплотипов с Аляски является общим с восточносибирскими популяциями вида (Таймыр, Чукотка, о. Врангеля), достаточно высокое сходство с ними имеют и еще два гаплотипа с Юкона (на уровне 1–2 замен). Другая часть североамериканских гаплотипов *P. brevicornis* близка к западнопалеарктическим популяциям этого вида (на уровне одной нуклеотидной замены – с жуками из Западной Сибири и полярного Урала). Самое большое число нуклеотидных замен (11) выявлено между европейской (о. Вайгач, Югорский п-ов) и восточноазиатскими (п-ов Таймыр, Чукотка) популяциями вида (Рис. 1). При этом даже гаплотипы из Западной (Тазовский п-ов) и Центральной (Таймыр) Сибири различались на 7–8 нуклеотидных замен исследуемого участка гена. На данном этапе исследования такую картину трудно однозначно интерпретировать. Очевидно, что, учитывая высокое разнообразие гаплотипов, обнаруженное у этого вида, необходимо получить дополнительный материал с территории Российского Севера и, особенно, его северо-восточной части – азиатского сектора Берингии.

*Исследования проведены с использованием коллекции УНУ "Российский музей центров биоразнообразия" в ходе выполнения проекта РФФИ (№18-44-292001\_р\_мк) и государственного задания (АААА-А17-117033010132-2).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов Ю.И. Макаров К.В., Еремин П.К. Семейство жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в арктической фауне // Зоологический журнал. 2001. Т. 80. №3. С. 285-293.
2. Löbl I., Löbl D. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Revised and Updated Edition. Archostemata – Mухophaga – Adepħaga / Leiden – Boston: Brill. 2017. Vol. 1. 1443 pp.
3. Makarov K.V., Kryzhanovskij O.L., Belousov I.A., Kabak I.I., Kataev B.M., Shilenkov V.G., Matalin A.V., Fedorenko D.N., Komarov E.V. / A Taxonomic List of the Ground-Beetles (Carabidae) of Russia. [http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car\\_rus.htm](http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm), Last updated 8 November 2018.
4. Еремин П.К. Виды группы *Pterostichus* (*Cryobius*) *brevicornis* (Coleoptera, Carabidae) Палеарктики // Зоологический журнал. 1998. Т. 77. № 3. С. 295-302
5. Poppius B. Zur Kenntnis der Pterostichen-Untergattung *Cryobius* Chaud // Acta Soc. pro Faun. Flora Fenn. 1906. Bd. 28. № 5. S. 1-280.
6. Ball G.E. A Revision of the North American Species of the subgenus *Cryobius* Chaudoir (*Pterostichus*, Carabidae, Coleoptera) // Opuscula entomologica. 1966. V. 28. 165 pp.
7. Lindroth C.H. The ground beetles (Carabidae excl. Cicindelinae) of Canada and Alaska. Part 4 // Opuscula entomologica supplement. 1966. Vol. 29. P. 409–648.
8. Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. Molecular cloning: a laboratory manual. 2nd ed. / N.Y.: Cold spring harbor laboratory press. 1989. 1659 p.
9. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates // Molecular Marine Biology and Biotechnology. 1994. T. 3. №. 5. С. 294-299.
10. Hajibabaei M., Janzen D.H., Burns J.M., Hallwachs W., Hebert P.D.N. DNA barcodes distinguish species of tropical Lepidoptera // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2006. T. 103. №. 4. С. 968-971.
11. Simon C., Frati F., Beckenbach A., Crespi B., Liu H., Flook P. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers // Annals of the entomological Society of America. 1994. T. 87. №. 6. С. 651-701.
12. Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic acids symposium series. [London]: Information Retrieval Ltd., 1999. T. 41. №. 41. С. 95-98.
13. Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms //Molecular biology and evolution. 2018. T. 35. №. 6. С. 1547-1549.
14. Bandelt H.J., Forster P., Röhl A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies //Molecular biology and evolution. 1999. T. 16. №. 1. С. 37-48.
15. Юрцев Б.А., Проблемы позднекайнозойской палеогеографии Берингии в свете ботанико-географических данных // Берингия в Кайнозое: Материалы Всесоюзного симпозиума "Берингийская суша и ее значения для развития голарктических флор и фаун в Кайнозое". Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 101-120.
16. Danks H.V. Arctic arthropods: A review of systematics and ecology with particular reference to the North American fauna / Ottawa: Entomological Society of Canada. 1981. 605 p.

## СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* (LINNAEUS, 1758) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЛОПШЕНЬГА ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА

М.Б. Кабаков<sup>1</sup>, В.Е. Попов<sup>2</sup>, Г.А. Дворянкин<sup>1,3</sup>, И.В. Вихрев<sup>1,2</sup>, А.В. Кондаков<sup>1,2</sup>,  
И.Н. Болотов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, mike-kab@yandex.ru

<sup>2</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

<sup>3</sup> ФГБУ "Национальный парк "Кенозерский", г. Архангельск

Пресноводная жемчужница (*Margaritifera margaritifera*) является редким пресноводным моллюском, который отнесен к исчезающим видам и внесен в Красную книгу Российской Федерации [1] и Архангельской области [2]. Данные по изучению популяций европейской жемчужницы есть для большинства регионов Северной Европы, тогда как северо-восточный край ареала обитания, который расположен в Архангельской области, изучен фрагментарно [3], а современных данных о состоянии популяций *Margaritifera margaritifera* в реках Онежского полуострова практически нет.

Целью настоящей работы было изучение популяций жемчужницы *Margaritifera margaritifera* в притоках реки Лопшеньга Онежского полуострова (Рис. 1).

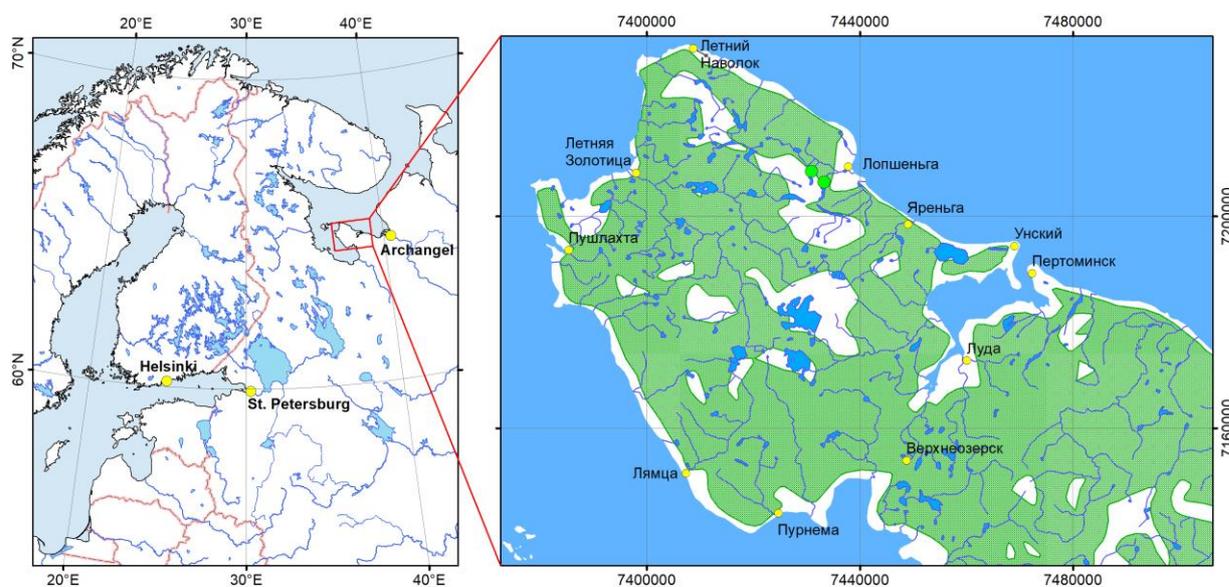


Рис. 1 – Карта Онежского полуострова с указанием точек проведения полевых работ

В ходе экспедиционных работ на Онежском полуострове в июле 2018 года при обследовании ручьев Каменный (Рис. 2А) и Жемчужный, которые являются притоками реки Лопшеньга, были обнаружены две популяции жемчужниц. В ручье Каменный на обследованном участке была обнаружена 221 особь *M. margaritifera* (Рис. 2В), а в ручье Жемчужный 11 особей. У 135 образцов из ручья Каменный и всех образцов из ручья Жемчужный в полевых условиях, с помощью штангенциркуля, были измерены длина, высота и ширина раковин. Нелетальным методом [4] у 17 экземпляров из ручья Каменный и 11 из ручья Жемчужный были отобраны образцы тканей и зафиксированы в 96% этанол, для проведения молекулярно-генетического анализа. Все моллюски были возвращены в среду обитания.

Из фиксированных тканей жемчужниц осуществляли выделение тотальной ДНК при помощи специального набора реактивов NucleoSpin<sup>®</sup> Tissue Kit (Macherey-Nagel,

Германия). Выделенные образцы ДНК использовали для амплификации фрагмента первой субъединицы цитохром с-оксидазы (COI). Данный маркер успешно используется в систематике и филогении двусторчатых моллюсков. Амплификацию последовательностей осуществляли с комбинацией праймеров LoboF1 и LoboR1 [5].



Рис. 2 – А) ручей Каменный, В) Образец *Margaritifera margaritifera*

Раствор для синтеза фрагмента состоял из 200 нг ДНК, 2,5  $\mu$ л Таq-буфера (20 mM MgCl<sub>2</sub>), 2,5  $\mu$ л раствора всех dNTP (2 mM), по 1  $\mu$ л обоих праймеров (10 pM), 0,8 ед. Таq-ДНК-полимеразы и доводили деионизированной водой (ddH<sub>2</sub>O) до объема 25  $\mu$ л. Во всех случаях программа амплификации включала в себя этап первоначальной денатурации ДНК - 5 мин, +95°C; 28-33 циклов синтеза фрагмента ДНК: +95°C – 50 сек., +53°C – 50 сек., +72°C - 1 мин, а также этап окончательной элонгации цепи: +72 С, 5 мин. Визуализацию полученных продуктов ПЦР осуществляли в системе геле-документирования после электрофореза в 1,5% агарозном геле. Продукты ПЦР очищали в мягких условиях с помощью спиртового раствора ацетата аммония. Подготовленные образцы передавали на анализ в Межинститутский Центр коллективного пользования «Геном» ИМБ РАН, где их секвенировали при помощи набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе ДНК ABI PRISM 3730 (Applied Biosystems). Полученные нуклеотидные последовательностей ДНК в прямом и обратном направлении расшифровывали и анализировали с использованием программы BioEdit 7.0.9 [6].

В таблице 1 представлены результаты морфометрических промеров раковин жемчужниц из ручьев Каменный и Жемчужный.

Таблица 1 – Морфометрические параметры раковин *Margaritifera margaritifera* в ручьях бассейна реки Лопшеньга, Онежский полуостров

Ручей	Морфометрические параметры створок раковин, мм						n
	Длина, L		Максимальная высота, H		Выпуклость, B		
	M $\pm$ SD	min – max	M $\pm$ SD	min – max	M $\pm$ SD	min – max	
Каменный	108,7 $\pm$ 7,6	89,6 – 127,4	47,6 $\pm$ 3,2	39,4 – 55,4	27,5 $\pm$ 2,3	20,8 – 33,3	135
Жемчужный	137,6 $\pm$ 22,3	83,2 – 146,3	58,6 $\pm$ 7,5	42,8 – 65,1	38,4 $\pm$ 6,6	22,8 – 42,8	11

Согласно литературным данным, для успешного воспроизводства популяции, доля ювенильных особей должна составлять  $\geq 20\%$  [7]. Ювенильной считается особь с длиной створок не более 70 мм. Ни в одном из ручьев нами не обнаружены особи с длиной створок менее 80 мм (Табл. 1, Рис. 3). В ходе экспедиционных работ в 2015 году [8] было отмечено преобладание старых особей в обеих популяциях. Доля молодых особей с длиной створок  $\leq 70$  мм, составляла только 1% (руч. Каменный) и 4% (руч. Жемчужный). Возможно, такая ситуация связана с падением численности лососевых рыб (атлантического лосося *Salmo salar* и кумжи *Salmo trutta*) в Лопшеньге и ее притоках, необходимых для развития глохидий жемчужницы. Целесообразно провести дополнительные исследования моллюсков в нижнем течении ручьев, для формирования полной картины состояния популяций в бассейне реки Лопшеньга.

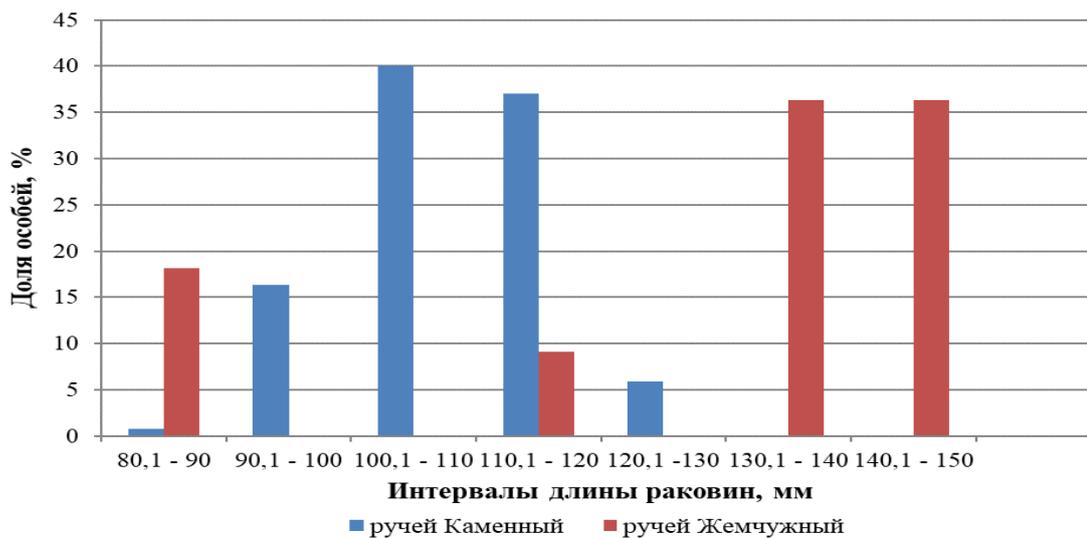


Рис. 3 – Размерная структура выборок жемчужниц из притоков реки Лопшеньга

В ходе генетического анализа были определены нуклеотидные последовательности митохондриального гена COI 28 образцов жемчужницы европейской. Всего в двух популяциях жемчужниц из р. Лопшеньга было выявлено четыре варианта последовательности COI (четыре гаплотипа) (Табл. 2). При этом они отличаются друг от друга не более чем на три нуклеотида из 657, то есть менее чем на 0,5%. Следует отметить, что в каждом из ручьев встретилось по 3 гаплотипа и соотношение уникальных последовательностей, в исследованных популяциях, существенно отличаются. В ручье Каменный преобладает I гаплотип (11 экземпляров), тогда как в Жемчужном ручье таковым является гаплотип III (6 экземпляров). В каждой из популяций были обнаружены уникальные последовательности COI: гаплотип II в Каменном ручье и гаплотип IV в Жемчужном. Все это указывает на то, что между исследуемыми популяциями практически отсутствует обмен генетическим материалом, и в каждой из популяций происходят свои независимые эволюционные процессы.

Таблица 2 – Положение переменных нуклеотидов внутри фрагмента последовательности гена COI мтДНК у жемчужниц р. Лопшеньга

№ исследуемого образца	Положение переменного нуклеотида				Гаплотип	Ручей
	34	82	511	634		
biv 600/1	C	A	G	T	I	Каменный
biv 600/2	C	A	G	T	I	
biv 600/3	C	A	G	T	I	

№ исследуемого образца	Положение вариабельного нуклеотида				Гаплотип	Ручей	
	34	82	511	634			
biv 600/4	C	A	A	C	II		
biv 600/5	C	A	G	T	I		
biv 600/6	T	G	A	T	III		
biv 600/7	C	A	G	T	I		
biv 600/8	C	A	G	T	I		
biv 600/9	T	G	A	T	III		
biv 600/10	C	A	G	T	I		
biv 600/18	C	A	G	T	I		
biv 600/19	C	A	G	T	I		
biv 600/20	C	A	G	T	I		
biv 600/106	C	A	A	C	II		
biv 600/115	T	G	A	T	III		
biv 600/124	C	A	A	C	II		
biv 600/129	C	A	G	T	I		
biv 601/1	T	G	A	T	III		Жемчужный
biv 601/2	C	A	G	T	I		
biv 601/3	C	A	G	T	I		
biv 601/4	T	G	A	T	III		
biv 601/5	T	G	A	T	III		
biv 601/6	T	G	A	T	III		
biv 601/7	C	A	G	T	I		
biv 601/8	C	A	A	T	IV		
biv 601/9	C	A	A	T	IV		
biv 601/10	T	G	A	T	III		
biv 601/11	T	G	A	T	III		

Изучение мест обитания европейской жемчужницы и мониторинг состояния популяций являются важным аспектом организации природоохранных мероприятий, которые позволят не только сохранить редкий исчезающий вид моллюска, но и отследить успешность прохода лососевых видов рыб на нерест в верховья рек Онежского полуострова, так как с этими рыбами связан их жизненный цикл.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ (№18-44-292001\_р\_мк, 18-34-20033\_мол\_а\_вед) и государственного задания (AAAA-A18-118012390161-9).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная книга Российской Федерации (животные). М.: Астрель, 2001. С. 61–62.
2. Красная книга Архангельской области. Архангельск: Правда Севера, 1995. С. 140–142.
3. Беспалая Ю. В., Болотов И. Н., Махров А. А. Состояние популяции европейской жемчужницы *Margaritifera margaritifera* (L.) (Mollusca, Margaritiferidae) на северо-восточном краю ареала (р. Солза, бассейн Белого моря) //Экология. 2007. №. 3. С. 222-229.
4. Karlsson S. et al. Four methods of nondestructive DNA sampling from freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia: Unionoida) //Freshwater Science. 2013. Т. 32. №. 2. С. 525-530.

5. Lobo J. et al. Enhanced primers for amplification of DNA barcodes from a broad range of marine metazoans // *BMC ecology*. 2013. Т. 13. №. 1. С. 34.
6. Hall T. A. et al. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // *Nucleic acids symposium series*. [London]: Information Retrieval Ltd., 1999. Т. 41. №. 41. С. 95-98.
7. Зюганов В. В., Зотин А. А., Третьяков В. А. Жемчужницы и их связь с лососевыми рыбами // М.: Ин-т биологии развития РАН. 1993. Т. 134. С. 145.
8. Волков А. Е., Волкова Е. В. Предварительные результаты исследования популяций европейской жемчужницы ручьев бассейна реки Лопшеньга на Онежском полуострове Архангельской области // *Известия РАН. Серия биологическая*. 2017. №. 1. С. 19-23.

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРОЕНИЯ КАРЛИКОВОЙ БЕРЕЗЫ *BETULA NANA*

*В.А. Каменная, Е.В. Новожилов*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова, г. Архангельск, v.kamennaya@narfu.ru

На территории России *Betula nana* растёт в тундре, на севере европейской части России, в Западной Сибири и Якутии, Чукотке, на Камчатке, а также в горах. Уникальность тундровой зоны заключается в том, что она образует самую молодую природную зону Северного полушария, являясь древнейшим современным послеледниковым типом ландшафта. Специфичные факторы зоны, обеспечивающие ее уязвимость, включают: экстремальные природные условия, неустойчивость климата, высокий уровень аккумуляции загрязняющих веществ. Обозначенные факты среды обуславливают особенности тундровых экосистем, представленных низким природным разнообразием с преобладанием организмов с признаками примитивности и суженным потенциалом к адаптации [1]. Так, древесные растения тундры представлены кустарниками, высота которых не достигает и 1 м. Береза карликовая (*Betula nana*) – вид растений рода Берёза (*Betula*) семейства Берёзовые (*Betulaceae*). Это разветвленный, листопадный, кустарник, высота которого колеблется от 20 до 70 см. Молодые ветви бархатистые и пушистые, позднее становятся голыми, кора становится коричневой, красно-коричневой или бурой [2]. Экстремальные температуры Арктических территорий для развития древесных растений являются причиной аномальных структурных изменений в строении и влияют на морфогенез анатомических элементов растения. Формирование древесных растений Арктической зоны происходит с определенной направленностью морфологических и микроструктурных изменений. Известно, что ксилема *Betula nana* имеет свои специфические отличия: мелкие клетки и тонкие стенки всех элементов, разнообразие трахеальных структур [3].

Целью работы является изучение особенностей микростроения тканей и анатомических элементов березы *Betula nana*.

Образец карликовой березы *Betula nana* (рис.1) отобран в августе в экспедиции на севере Восточно-Европейской равнины РФ в зоне тундры (Россия, НАО, 68°03'N, 61°38'E). Для приготовления препаратов для микроскопии использовали предварительную подготовку образцов путем криомеханической деструкции в жидком азоте (-196 °C) и лиофильного высушивания на приборе Labconco (FreeZone 2.5 L, Labconco Corporation, США). Снимки получены с применением сканирующего электронного микроскопа SEM Sigma VP Zeiss (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия). Для повышения контрастности снимков на поверхность образцов наносили

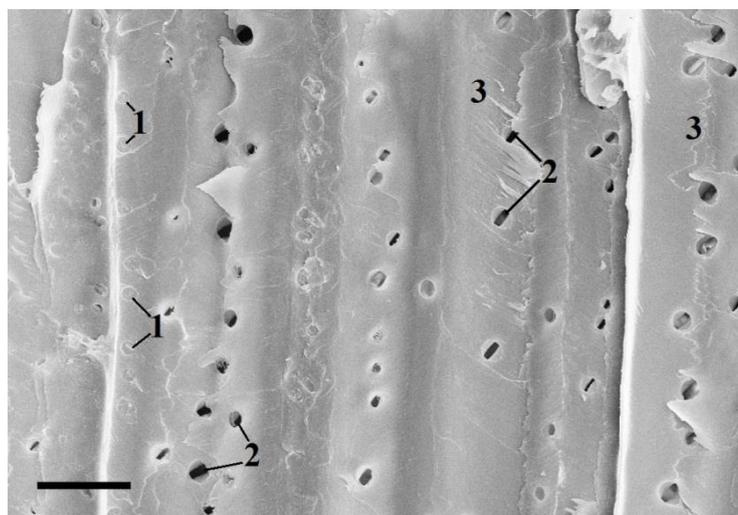
золото-палладиевое покрытие с помощью устройства для напыления Q150TES компании QUORUM (Quorum Technologies Ltd, Великобритания).



Рис. 1 – Карликовая береза *Betula nana* в зоне тундры

Кора карликовой березы *Betula nana* имеет характерные особенности. У карликовой березы аномально тонкая вторичная флоэма, толщина ее составляет 0,15-0,18 мм. Для сравнения, у 90-летней березы *Betula pubescens*, по нашим данным, толщина вторичной флоэмы составляет примерно 10 мм. При этом для вида *Betula nana* характерен относительно большой объем лучей и аксиальной паренхимы как запасающей ткани вторичная флоэмы. Однако в целом запас питательных веществ небольшой из-за небольшого объема самой вторичной флоэмы. Во вторичной флоэме аксиальная паренхима и септированные волокна меньше по диаметру, чем, например, аналогичные элементы у березы *Betula pubescens*.

Значительные морфологические особенности микроструктуры вида *Betula nana* сосредоточены в ксилеме. У вида *Betula nana* большая доля первичной ксилемы относительно общей массы древесины и, соответственно, меньше доля вторичной ксилемы. Это связано с ограниченным по климатическим условиям формированием анатомических элементов вторичной флоэмы.



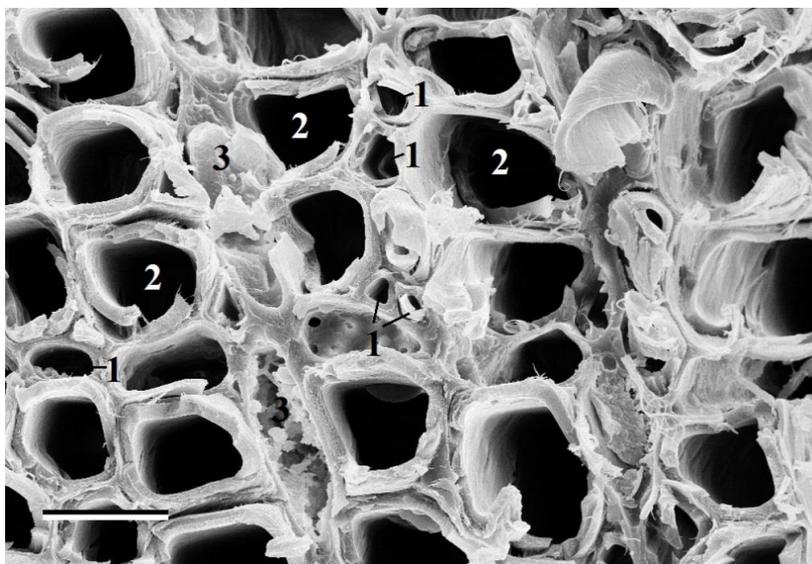
1 – развивающиеся поры, 2 – зрелые щелевидные поры в волокнах либриформа, 3 – слой  $S_1$  вторичной клеточной стенке волокон. Масштабная линейка – 10 мкм

Рис.2 – Радиальный скол ксилемы *Betula nana*

Характерным признаком, отличающим ксилему берез от других видов лиственных, является лестничная перфорация сосудов [4, 5], которая аналогична у *Betula nana* и *Betula pubescens*. Размер и строение пор в сосудах и волокнах либриформа также одинаковы. Последовательность формирования пор в волокнах у вида *Betula nana* показана на рис. 2. Прежде чем формировать поры, волокна должны достичь размеров в длину и ширину, близких к их максимальным величинам, и принять окончательную форму [6]. До образования пор надо завершить расширение волокна и укрепление его стенки. Это происходит, когда образуются спирали слоя S1 вторичной стенки. Этот этап формирования волокон у вида *Betula nana* не имеет отличий от других видов лиственных и хвойных пород.

В зоне расширяющейся ксилемы волокна либриформа в радиальном направлении увеличиваются примерно в 3 раза [4]. После расширения основная масса ксилемных волокон в поперечном разрезе имеют форму многоугольников или овалов неправильной формы с примерно равными размерами в тангентальном и в радиальном направлении. При этом у вида *Betula nana* образуются клетки, ширина которых значительно меньше, чем у других видов *Betula*. Поперечные размеры ксилемных волокон у вида *Betula nana* составляют  $8,56 \pm 1,35$  мкм по сравнению с 18 мкм у березы *Betula pubescens* или 18-36 мкм у березы *Betula verrucosa* [7].

Необычно выглядят сверхтонкие волокна в ксилеме *Betula nana*. Их диаметр составляет всего 2-3 мкм, они встречаются достаточно часто, распределены среди обычных волокон (рис. 3). Эти волокна оказались сильно сжатыми и в тангентальном и в радиальном направлении, однако после этого смогли образовать вторичную стенку. Подобные сверхтонкие волокна не наблюдаются у других видов лиственных и хвойных деревьев, предстоит выяснить, каким образом такие волокна образуются. Следует отметить, что у лиственных видов осенние волокна либриформа, 2-3 волокна на внешней границе годичного слоя, также являются сильно сжатыми, но сжатыми только в радиальном направлении. В тангентальном направлении их размеры аналогичны размерам широких весенних волокон.



1 – аномально узкие волокна *Betula nana*, 2 – обычные волокна либриформа *Betula nana*, 3 – сердцевинный луч. Масштабная линейка – 10 мкм.

Рис. 3 – Поперечный срез ксилемы *Betula nana*

В целом ультрамикростроение клеточной стенки волокон вторичной ксилемы (диаметр целлюлозных микрофибрилл, угол их наклона к оси волокна в слоях S<sub>1</sub> и S<sub>2</sub>.) у образца *Betula nana* практически идентично с другими видами древесных растений. Следовательно, существуют общие закономерности в формировании целлюлозных

микрофибрилл вторичной клеточной стенки, на отложения микрофибрилл не оказывают влияния климатические условия. Однако толщина клеточной стенки волокон вторичной ксилемы, равная  $1,33 \pm 0,25$  мкм, в 1,5 раза меньше, чем другого вида березы – березы пушистой *Betula pubescens*.

Таким образом, все структуры, необходимые для транспорта субстрата к волокнам у вида *Betula nana* имеются, основная причина формирования очень тонкой вторичной стенки состоит в том, что не хватает запаса углеводов для отложения вторичной стенки.

*Исследование проведено в ходе выполнения базовой части государственного задания (проект № 15.8815.2017/БЧ) Минобрнауки РФ с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинова А.А. Методический подход к учету и оценке биоразнообразия при разработке стратегии освоения полярных и арктических территорий // Известия Уральского государственного горного университета. 2013. № 29. С. 72-80.
2. Энциклопедия растений России. Растения тундры / Баландин С.А., Вахрамеева М.Г., Алексеев Ю.Е. / М.: Классикс Стиль, 2003. 208 с.
3. Чавчавадзе Е. С., Сизоненко О. Ю., Волкова С. Б. Пути адаптации вторичной ксилемы древесных растений к экстремальным условиям Арктики // Вестник Тверского государственного университета. Серия: биология и экология. 2012. № 27. С. 67-73.
4. Esau's Plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development / Evert R. / Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2006. 601 pp.
5. Древесина (химия, ультраструктура, реакции) / Фенгел Д., Веренер Г. / Пер. с англ. М.: Лесная промышленность, 1988. – 312 с.
6. Chukhchin D.G., Novozhilov E.V., Bolotova K.S. New insight into formation of the secondary wall of plant fibre // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management. 2017. T17. С. 845-851.
7. Ek M., Gellerstedt G., Henriksson G. Pulp and Paper Chemistry and Technology // Wood Chemistry and Biotechnology. 2009. Volume 1. P. 121-145.

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕДКИХ И МАЛОЧИСЛЕННЫХ ВИДОВ ШМЕЛЕЙ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

*Ю.С. Колосова, Г.С. Потапов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, kolosova\_arkh@mail.ru

В северных широтах шмели (Hymenoptera, Apidae, *Bombus*) играют ключевую роль в функционировании сообществ в качестве основных насекомых-опылителей большинства видов энтомофильных растений. Среди прочих групп опылителей (таких как пчёлы и двукрылые) на Севере шмели характеризуются наиболее широким распространением и видовым богатством. Изучение фауны, экологии, распространения, особенностей биологии разных видов шмелей на Европейском Севере России

осуществляется нами порядка 20 лет, результаты исследований опубликованы во многих ведущих научных изданиях России и зарубежья [1, 2, 3].

Научные биотопические и систематические коллекции шмелей, собранные и обработанные авторами, и представленные в Российском Музее центров биологического разнообразия ИБиГР ФИЦКИА РАН, насчитывают порядка 40 тысяч экземпляров. Имеющийся обширный научный задел позволяет говорить о перспективах изучения редких и малочисленных видов шмелей в пределах исследуемого региона.

В настоящее время, актуальной темой в европейской апидологии становится оценка роли антропогенного фактора для шмелей, охраны и сохранения редких видов. Отмечено, что разрушение естественных местообитаний и снижение видового богатства кормовых растений сказывается негативно на населении шмелей, приводя в ряде случаев к сокращению ареалов некоторых видов [4, 5]. Так, одной из наиболее известных работ А. Løken является исследование трофических связей шмелей на аконите северном в Норвегии [6]. По результатам полевых исследований отмечено, что данный вид растений предпочитают *B. consobrinus*. В дальнейшем было высказано предположение, что ареал *B. consobrinus* (в силу его узких трофических предпочтений) определяется распространением аконита в Северной Европе [7, 8]. И в настоящий момент изучение экологии и распространения *B. consobrinus* является одной из наиболее актуальных тем среди скандинавских специалистов. Вместе с тем, на территории Севера России подобные исследования по редким видам шмелей ранее не проводились.

В данном исследовании под редкими видами мы подразумеваем виды шмелей, ограниченные в своем распространении определенными условиями биотопов, специфическими пищевыми ресурсами или имеющими узкий ареал. Эти виды являются типичными для природных зон заявленного в проекте региона. В естественных, ненарушенных местообитаниях они характеризуются достаточно высокой численностью, и в то же время, чутко реагируют на любые антропогенные преобразования заселяемых биотопов. В связи с этим, их можно успешно использовать в качестве биологических маркеров состояния природной среды. К таким видам на территории Европейского Севера России можно отнести *B. glacialis*, *B. schrencki*, *B. muscorum*, *B. wurflenii*, *B. hyperboreus* и *B. consobrinus*.

Под малочисленными видами шмелей мы понимаем виды, в целом не типичные для Европейского Севера России в силу особенностей их биологии, топических и трофических предпочтений, принадлежности к определенной экологической группе (для таежной и тундровой зон это, прежде всего, виды более южного происхождения, обладающие меньшей холодоустойчивостью и приуроченные к обширным, хорошо прогреваемым луговым местообитаниям) что не позволяет им успешно расселяться и достигать высокой численности в регионе. К таким видам в условиях исследуемого региона относятся: *B. laesus*, *B. humilis*, *B. patagiatus*, *B. campestris*, *B. deuteronymus* и *B. modestus*.

В результате исследований будут даны предложения по сохранению редких и малочисленных видов шмелей на Европейском Севере России, как важных объектов, играющих значимую роль в функционировании экосистем, а также основных биоиндикаторов естественного состояния окружающей среды. Перспективы изучения редких и малочисленных видов шмелей региона позволят досконально выявить особенности их биологии, с учетом которых будут разработаны рекомендации для составления списка видов и последующего их включения в Красную Книгу, включая её региональные издания.

*Исследование проведено в ходе выполнения программы ФНИР ФИЦКИА РАН № АААА-А17-117033010132-2.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Potapov G.S., Kolosova Yu.S., Gofarov M.Yu. Zonal distribution of bumblebee species (Hymenoptera, Apidae) in the North of European Russia // *Entomological Review*. 2014. Vol. 94. No. 1. P. 79–85. <https://link.springer.com/article/10.1134/S0013873814010096>
2. Potapov G.S., Kolosova Y.S. Fauna of bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* Latr.) in the mainland part of Arkhangelsk Region, NW Russia // *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*. 2016. V. 52. No. 3. P. 150–160. doi:10.1080/00379271.2016.1217167
3. Potapov G.S., Kondakov A.V., Spitsyn V.M., Filippov B.Yu., Kolosova Yu.S., Zubrii N.A., Bolotov I.N. An integrative taxonomic approach confirms the valid status of *Bombus glacialis*, an endemic bumblebee species of the High Arctic // *Polar Biology*. 2017. V. 41. No. 4. P. 629–642. doi: 10.1007/s00300-017-2224-y
4. Goulson D., Hanley M.E, Darvill B., Ellis J.S. Biotope associations and the decline of bumblebees (*Bombus* spp.) // *Journal of Insect Conservation*. 2006. № 10. P. 95–103.
5. Charman T.G., Sears J., Bourke A.F.G., Green R.E. Phenology of *Bombus distinguendus* in the Outer Hebrides // *The Glasgow Naturalist*. 2009. V. 25. P. 35–42.
6. Løken A. Bumble bees in relation to *Aconitum septentrionale* in Western Norway (Eidfjord) // *Norsk Entomologisk Tidsskrift*. 1950. Bind VIII. Hefte 1–3. P. 1–16.
7. Løken A. Studies of Scandinavian bumble bees (Hymenoptera, Apidae) // *Norsk Entomologisk Tidsskrift*. 1973. V. 20. № 1. P. 1–218.
8. Pekkarinen A., Teräs I. Zoogeography of *Bombus* and *Psithyrus* in north-western Europe (Hymenoptera, Apidae) // *Annales Zoologici Fennici*. 1993. № 30. P. 187–208.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ЗАЛИВА ГРЁН-ФЬОРД (О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

В.В. Крячюнас<sup>1</sup>, С.А. Игловский<sup>1</sup>, К.А. Мироненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [iglovskys@mail.ru](mailto:iglovskys@mail.ru)

Одной из важнейших и не изученных является проблема реконструкции климатических изменений и уровня мирового океана в Арктике [1]. Такая реконструкция возможна только путем восстановления физико-химических параметров среды. Наиболее удобными для использования в этих целях являются раковины моллюсков, способных фиксировать физико-химические сигналы, по которым, в последствии, определяется палеогидрологическая обстановка. В ходе данной работы были определены параметры среды прибрежных экосистем с использованием раковин моллюсков в разновозрастных межледниковых четвертичных отложениях архипелага Шпицбергена (залив Гренфьорд) и Новой Земли (залив Моллера). Были определены виды двустворчатых моллюсков для архипелага Шпицбергена (*Hiatella arctica*, *Mytilus edulis*, *Tridonta borealis*, *Mya truncata*) и Новой Земли (*Mya truncata*, *Tridonta borealis* и *Hiatella arctica*), возраст которых был уточнен радиоуглеродным методом, составил от 7970 до 8050 лет и от 35500 до 36950 лет соответственно (рис. 1).

Мощность разреза изученных береговых отложений на мысе Финнисет составляет 220 см, как представлено на рисунке 1. Верхний геологический слой I, расположенный под 10-15 сантиметровым слоем почвы, сложен темно-серой супесью с многочисленными включениями не окатанных обломков песчаника и фрагментов

каменного угля. В этом слое также присутствуют мелкие осколки раковин двустворчатых моллюсков и усонюгих рачков *Balanus balanoides* Linne.

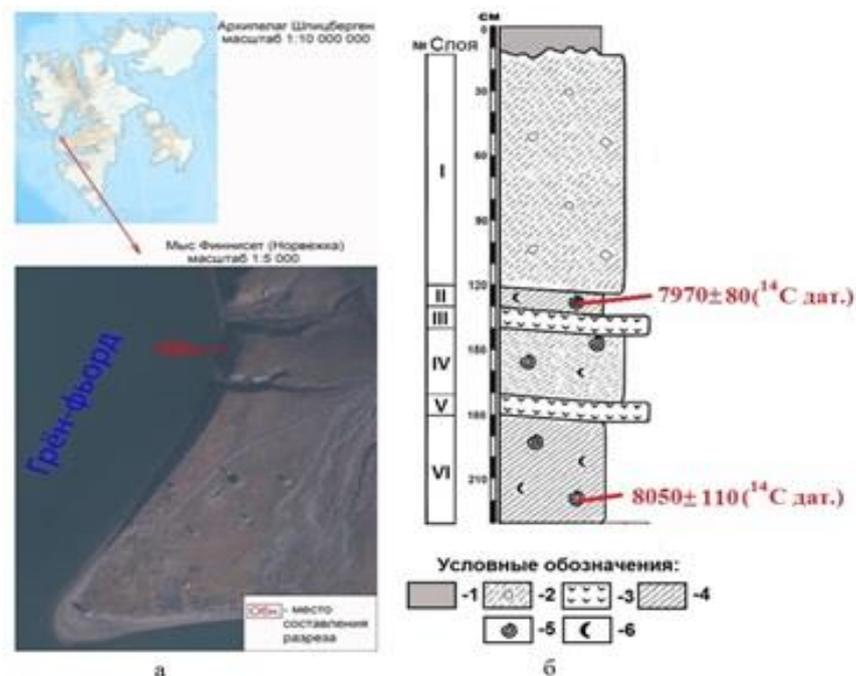


Рис. 1 – Разрез береговых отложений на побережье залива Грэн-фьорд в районе мыса Финнисет (о. Западный Шпицберген)

Геологический слой I подстилается полосчатыми серо-коричневыми суглинками слоя II (Рис. 2) и нижележащим слоем - торфа (III). Слой IV сложен темно-серой супесью с многочисленными фрагментами и целыми раковинами двустворчатых моллюсков. Как и в верхней части разреза, супесь подстилается слоем торфа (V).

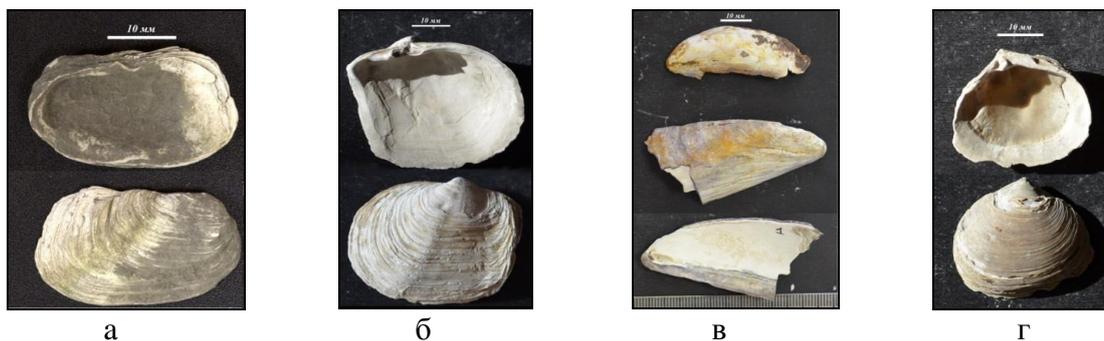
Нижний геологический слой разреза представляет собой лёгкий суглинок (VI), содержащий створки морских двустворчатых моллюсков и костный материал, предположительно рыб. Погребенный торф в слоях III и V представлен побегами мха *Sphagnum fuscum*, что видно из рисунка 2.



а – микроструктура погребенного слоя торфа, б – побег мха *Sphagnum fuscum* из слоя торфа

Рис. 2 – Погребенные слои торфа в обнажении раннеголоценовых отложений на мысе Финнисет (о. Западный Шпицберген)

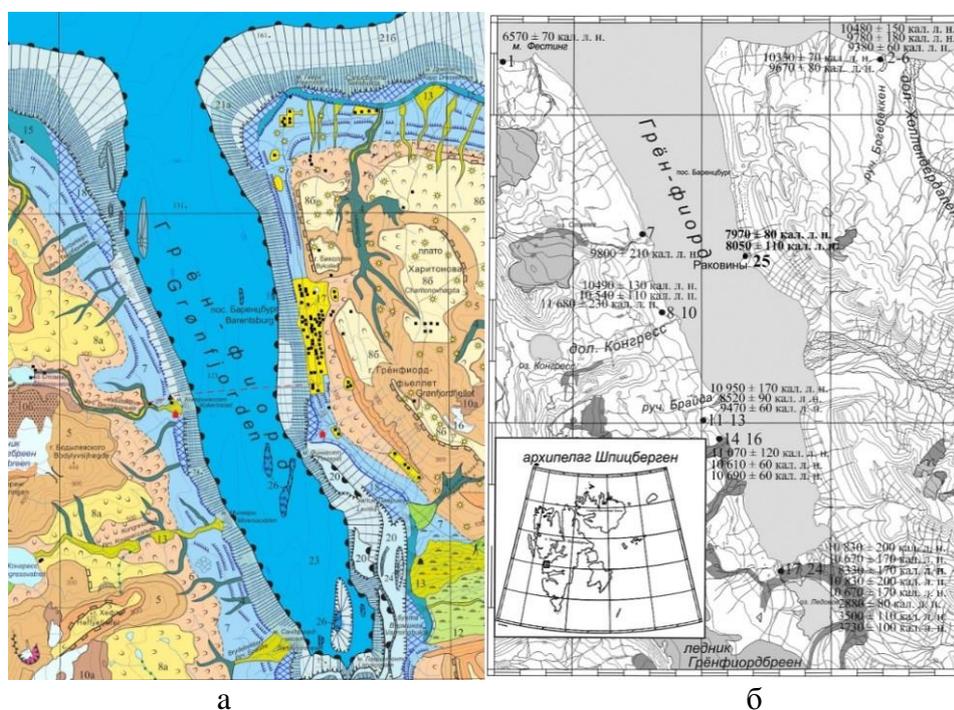
В морских осадках рассматриваемого геологического обнажения содержатся богатые в видовом и численном отношении комплексы макрофауны, представленные двустворчатыми моллюсками (Рис. 3).



а – *Hiatella arctica*, б – *Mya truncata*, в – *Mytilus edulis*, г – *Tridonta borealis*  
Рис. 3 – Ископаемые раковины моллюсков, определенные по [5]

На основании изученных вариаций изотопов  $\delta^{13}\text{C}$  (для горизонта мощностью 200 см – 0,1–1,8‰, V-PDB; для горизонта мощностью 170 см – 0,6–1,9‰, V-PDB; для горизонта мощностью 70 см – 0,4–2,3‰, V-PDB) и  $\delta^{18}\text{O}$  (для горизонта мощностью 200 см – 31,5–34,5‰, V-SMOW; для горизонта мощностью 170 см – 33,7–35,2‰, V-SMOW; для горизонта мощностью 70 см – 34,5–36,4‰, V-SMOW) можно предположить о похолодании климата на изучаемой территории о. Западный Шпицберген в период формирования отложений.

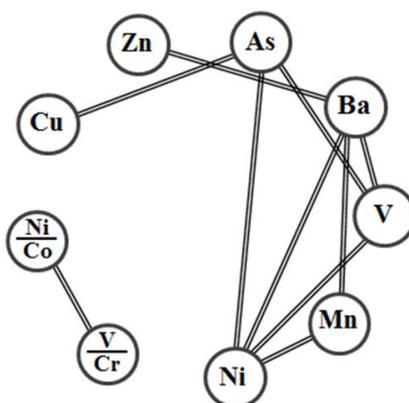
Возраст отложений в разрезе составляет  $7970 \pm 80$  и  $8050 \pm 110$  кал. лет, соответственно, что не противоречит возрасту ископаемых моллюсков, найденных в молодых голоценовых морских террасах залива Грэн-фиорд другими авторами [6, 7, 10-14], что видно из рисунка 4.



(а) геоморфологическая карта по [6], (б) карта местонахождения ископаемых моллюсков в районе по [7] с дополнениями авторов  
Рис. 4. – Залив Грэн-фиорд

Полученные значения  $\delta^{13}\text{C}$  (для горизонта мощностью 90 см – 0,4–2,9 ‰, V-PDB) в позднеплейстоценовых раковинах из разреза на арх. Новая Земля, типичны для раковин морских моллюсков этого возраста и как следствие, укладываются в общий тренд  $\delta^{13}\text{C}$  для исследуемого региона в позднем плейстоцене. Изотопный состав  $\delta^{18}\text{O}$  в изученных пробах Новой Земли изменяется диапазоне от 32,6 до 33,3‰, V-SMOW.

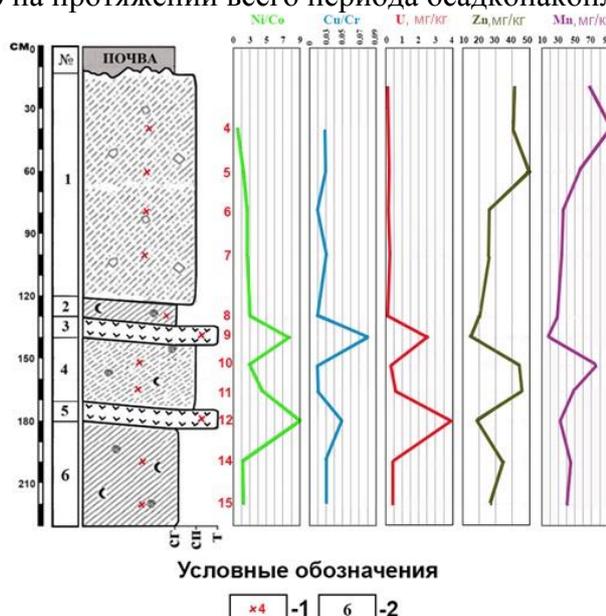
С помощью геохимических модулей и индикаторов: U, Cr, Mn, Ni/Co, V/Cr; Cu/Cr; Zn частично были восстановлены физико-химические параметры среды обитания моллюсков на рассматриваемой территории. Статистический анализ химического состава раковин, найденных в обнажении на мысе Финнисет, выявил значимые корреляционные связи между Ni/Co и V/Cr (Рисунок 5) [8, 9].



Значимые коэффициенты корреляции [от 0,7 до 1,0]

Рис. 5. – Корреляционные связи между содержанием элементов-индикаторов палеогеографической обстановки в ископаемых раковинах морских двустворчатых моллюсков в районе мыса Финнисет, о. Западный Шпицберген.

Индикатор Ni/Co по профилю геологического обнажения изменяется в широких пределах от 1,5 до 9 единиц (Рисунок 6), anomalно высокие значения отмечаются в слое с погребенным торфом. Индикатор V/Cr показал, что кислородные условия сохранялись непрерывно на протяжении всего периода осадконакопления.



Условные обозначения в соответствии рис. 1. 1 – места отбора отложений в разрезе *in situ*, 2 – номер геологической пачки

Рис. 6 – Реконструкция палеогеографической обстановки на мысе Финнисет (о. Западный Шпицберген) с использованием геохимических элементов-индикаторов.

Содержание U в обнажениях колеблется в диапазоне от 0,2 до 4 мг. Присутствуют две мощные аномалии U приуроченные к слоям с погребенным торфом, где его концентрации составляют 2,6 и 4 соответственно. Возможно, они связаны с генезисом лагунных болот. Высокие концентрации для Сг отмечаются в слоях с погребенным торфом, там же где и рассмотренные выше положительные аномалии по урану. Анализ отношения Cu/Cr в разрезе показал, что область сноса от области осадконакопления находилась на одном расстоянии. В обнажении на м. Финнисет в двух геологических слоях разреза наблюдается резкое снижение концентрации Zn, свидетельствующее о регрессии моря и временном преобладании континентального режима осадконакопления над морским. Определение концентраций Mn в раковинах моллюсков показало, что моллюски обитали в прибрежно-морской зоне с высоким содержанием кислорода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н., Игловский С.А. Изменения климата и их влияние на окружающую природную среду Европейского севера России // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы в 8 томах. Российская академия наук. Программа № 14 Президиума РАН. Москва. 2008. С. 80-98. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30712694>
2. Игловский С.А., Крячюнас В.В. Особенности современного состояния морских террас (многолетнемерзлые породы, рельеф, почвы) восточного побережья залива Грен-фьорд (Шпицберген, Норвегия) // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа. ММБИ КНЦ РАН. 2016. С. 167-172. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27213936>
3. Крячюнас В.В., Игловский С.А. Палеографические исследования архипелага Шпицберген // Комплексная научно-образовательная экспедиция Арктический плавучий университет – 2013. Материалы экспедиции: в 2-х частях. 2013. С.145-195. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36546419>
4. Kriauciunas V.V., Iglovsky S.A., Kuznetsova I.A. Trace Metals in Soil Catenas of the Arctic Islands (The Svalbard and Novaya Zemlya Archipelagos) / Biogeochemistry of trace elements. Editors Oleg S. Pokrovsky and Jerome Viers. Nova Science Publishers, Inc. 2018. P. 309 -359. <https://novapublishers.com/shop/biogeochemistry-of-trace-elements/>
5. Федяков В.В. Закономерности распределения моллюсков Белого моря. Л.: ЗИН. 1986. 127 с. <http://www.geokniga.org/books/9412>
6. Шарин В.В., Окунев А.С., Лазарева Е.И. Геоморфологическая карта центральной части острова Западный Шпицберген (Земля Норденшельда, архипелаг Шпицберген). Масштаб 1:50 000. СПб. Изд-во Ренова. 2012. [http://www.pmge.ru/getfile.php?file\\_id=76](http://www.pmge.ru/getfile.php?file_id=76)
7. Шарин В.В., Кокин О.В., Гусев Е.А., Окунев А.С., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е. Новые геохронологические данные четвертичных отложений северо-западной части земли Норденшельда (архипелаг Шпицберген) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2014. № 1. С. 159-168. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21396879>
8. Подковыров В.Н., Гражданкин Д.В., Маслов А.В. Литогеохимия тонкозернистых обломочных пород венда южной части Вычегодского прогиба // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 5. С. 484-504. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_16862684\\_28098275.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_16862684_28098275.pdf)
9. Гусев А.И. К стратиграфии четвертичных отложений западной части Приморской равнины // Труды НИИГА. 1958. Т. 80. Вып. 5. С. 79-86. <http://www.evgenusev.narod.ru/laptev/gusev-1958.html>
10. Игловский С.А. Антропогенная трансформация мерзлотных условий

- европейского севера России и ее последствия // Арктика и Север. 2013. № 10. С. 107-124. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18789805>
11. Крячюнас В.В., Игловский С.А., Шахова Е.В., Малков А.В. Тяжелые металлы в арктических почвах западного побережья архипелага Шпицберген // Экология человека. 2014. № 9. С. 8-13. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_21982398\\_73528115.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_21982398_73528115.pdf)
  12. Шарин В.В., Арсланов Х.А. Новые радиоуглеродные датировки морских террас северо-восточной земли (архипелаг Шпицберген) // Вестник СПбГУ. 2011. Сер. Вып. 2. С. 129-134. <https://elibrary.ru/item.asp?id=16349839>
  13. Abakumov E.V., Polyakov V.I., Iavid E.I., Kondakova V.N. Diversity and main properties of soils of the Gronfjord area (Svalbard archipelago) // Czech Polar Reports. 2018. V. 8. No.1. P.43. <https://pureportal.spbu.ru/publications/diversity-and-main-properties-of-soils-of-the-gronfjord-area-sval>
  14. Maksimov F.E., Sharin V.V., Kuznetsov V.Yu., Okunev A.S., Grigoriev V. A., Petrov A. Yu. Uranium-thorium dating of high sea terraces of the Spitsbergen Archipelago // Vestnik of Saint-Petersburg University. Series 7. Geology. Geography. 2016. Iss. 2. P. 54–64. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26534921>

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ РЕЧНЫХ БИОТОПАХ ЮГА РУССКОЙ РАВНИНЫ (БАССЕЙНЫ РЕК ВОЛГА, ДОН И КУБАНЬ) НА ОСНОВЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ, ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАНЫХ**

*А.А. Любас<sup>1</sup>, М.Б. Кабаков<sup>1</sup>, А.А. Томилова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [artem.lyubas@mail.ru](mailto:artem.lyubas@mail.ru)

Исследованию климата позднего квартера Русской равнины посвящено значительное количество работ (Рычагов и др., 2012, Янина, 2013, Panin et al., 2017 и др.). Реконструкции климата для различных временных этапов плейстоцена часто базируются на анализе палеонтологического материала, представленного раковинами пресноводных моллюсков. В бассейнах рек Дон и Кубань описаны разрезы четвертичных речных отложений, содержащих раковины пресноводных двустворчатых моллюсков (Фролов, 2013). Имеются данные о распространении двустворчатых пресноводных моллюсков в ряде позднеплейстоценовых разрезов речных отложений в бассейне р. Северский Донец (Ростовская область) (Матюхин, 2002, Тесаков и др., 2012). Авторами определены такие таксоны как *Unio* и *Viviparus*. Для бассейна р. Кубань описаны разрезы речных отложений четвертичного возраста, расположенные в районе Краснодарского водохранилища. В частности, к ним относятся разновозрастные разрезы на реке Псекупс (Лебедева, 1963, Фролов, 2013). Сведения о местонахождениях пресноводной плейстоценовой малакофауны в бассейне Волги приведены в работах А.И. Москвитина (1962, 1965), В.Л. Яхимовича с соавторами (1987) и многих других. Многочисленные местонахождения ископаемых раковин пресноводных моллюсков, позволяют использовать этот материал для реконструкции условий их обитания в прошлом с помощью литологических и геохимических методов.

Целью данной работы была реконструкция палеогидрологических условий в плейстоценовых речных биотопах по материалам из ряда разрезов в бассейнах Нижней Волги, Дона и Кубани. В разрезе на берегу Таганрогского залива Азовского моря к юго-западу от с. Семibalки (Азовский район, Ростовская область) проанализировано распространение ископаемых раковин перловиц. Выявлено положение пресноводных

горизонтов и отобранные раковины *Unio* cf. *crassus* из слоя серо-коричневого песка с мелкой галькой. В обнажении в районе мыса Ахиллеон (Таманский полуостров, Краснодарский край) раковины пресноводных моллюсков отобранные в слое мелкой гальки с железненным песком. Установлена принадлежность раковин к родам *Unio* и *Viviparus*. В слое светло-коричневой супеси в разрезе Михайловский (Константиновский район, Ростовская область) отобранные осколки раковин пресноводных моллюсков. Перловицы в этом слое были определены как *Unio pictorum*. Кроме того, в состав тафоценоза входят моллюски, относящиеся к родам *Dreissena*, *Viviparus*, *Lymnaea*. Тафоценоз пресноводных моллюсков изучен в слое бежевого песка в разрезе на правом берегу р. Северский Донец, южнее станицы Усть-Быстрянская (Усть-Донецкий район, Ростовская область). Определена принадлежность раковин двустворчатых моллюсков к виду *Unio pictorum*, а брюхоногих – к роду *Viviparus*. К югу от села Полдомасово (Воскресенский район, Саратовская область) в отложениях II надпойменной террасы р. Терешка отобранные раковины *Lymnaea* и *Unio*, встречающиеся в слое ожелезненной коричневой супеси. По предварительным данным выявлен участок древнего русла реки. В разрезе, расположенном на правом берегу р. Волга в районе д. Копановка (Енотаевский район, Астраханская область), в двух участках берегового склона определено расположение горизонтов с пресноводной фауной. Из верхнего участка в переслаивающемся сером и серо-коричневом песке собраны раковины *Unio tumidus*, *Corbicula* sp., *Viviparus* sp. В нижнем участке разреза из слоя серого песка отобранные раковины пресноводных моллюсков, определенные как *Unio tumidus* и *Dreissena* sp., и установлена принадлежность раковин брюхоногих моллюсков к родам *Viviparus* и *Lithoglyphus*. В разрезе на северо-западной окраине д. Ветлянка (Енотаевский район, Астраханская область) на правом берегу р. Волга в слое светлого серо-коричневого песка отобранные раковины моллюсков и определена их принадлежность к родам *Dreissena*, *Unio* и *Corbicula*. В 1 км к северо-западу деревни Сероглазовка в обрыве на правом берегу р. Волга установлено наличие пресноводного горизонта с ископаемой малакофауной. Из слоя светлого песка отобранные крупные раковины пресноводных двустворчатых моллюсков и определена их принадлежность к виду *Unio pictorum*. Кроме того, в данном слое отобранные раковины брюхоногих моллюсков *Viviparus* sp. Таким образом, по результатам анализа таксономического состава тафоценозов, выявлено, что наибольшее количество таксонов пресноводных моллюсков характерно для тафоценозов, исследованных в местонахождениях в бассейне р. Волга. Установлено, что моллюски рода *Dreissena*, как один из индикаторов палеоэкологических условий, присутствуют в тафоценозах из среднеплейстоценовых местонахождений в бассейне Нижней Волги и позднеплейстоценовых местонахождений в бассейне р. Дон. Двустворчатые моллюски рода *Unio* широко представлены в позднечетвертичных отложениях в низовьях Волги и Дона. Результаты исследований генетической дивергенции моллюсков, принадлежащих к семейству Unionidae, показывают, что в периоды похолоданий климата в этих районах мог существовать рефугиум, в котором сформировалась отдельная генетическая группа моллюсков (Томилова и др., 2019).

В местонахождениях Семибалки и мыс Ахиллеон реконструированы глубокие приустьевые участки древних водотоков, существовавшие на границе раннего и среднего плейстоцена. Сведения о геологическом возрасте слоев с пресноводной малакофауной на мысе Ахиллеон приведены в работах П.В. Федорова (1963) и Н.А. Лебедевой (1972).

В местонахождениях Ветлянка, Сероглазовка, Копановка и Полдомасово получены данные об истории развития биотопов на участке Нижней Волги на протяжении среднего плейстоцена. Сведения о геологическом возрасте отложений с пресноводными двустворчатыми моллюсками в этих местонахождениях приведены в

работах А.С. Застрожна с соавторами (2018), В.А. Зубакова и И.И. Борзенковой (1990).

Установлена зависимость между таксономическим разнообразием тафоценозов пресноводных моллюсков и вмещающими породами. В более тяжелых по гранулометрическому составу вмещающих породах отмечается присутствие эврибионтных видов моллюсков. Выявлена зависимость между геологическим возрастом отложений и литологическими характеристиками пород, вмещающих ископаемые раковины моллюсков. Нами обнаружено, что песок и иногда присутствующая в нем галька слагают слои с малакофауной в местонахождениях среднеплейстоценового возраста. В этом случае в составе тафоценоза были определены стенобионтные виды моллюсков, относящиеся к роду *Unio*, и характеризующие населенный ими водоток, как реку с относительно высоким редокс-потенциалом воды. Для позднеплейстоценовых местонахождений выявлен более тяжелый, чем у большинства среднеплейстоценовых, гранулометрический состав вмещающих пород. Это связано с накоплением позднеплейстоценовых отложений в периоды похолоданий климата, в том числе в период последнего ледникового максимума. В местонахождениях Михайловский и Усть-Быстрианская установлено наличие вмещающих отложений, представленных, главным образом, тонкозернистой супесью. На основе анализа вариаций изотопов  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  в карбонате ископаемых раковин получены базовые представления о гидроклиматических условиях в древних биотопах, существовавших в прошлом в исследованных местонахождениях. Согласно значениям показателя  $\delta^{18}\text{O}$  наиболее теплые условия реконструированы для местонахождений Ветлянка ( $\delta^{18}\text{O}=16,04-16,38 \text{ ‰}$ ), мыс Ахиллеон ( $\delta^{18}\text{O}=13,12-14,27 \text{ ‰}$ ) и Сероглазовка ( $\delta^{18}\text{O}=12,95-16,00 \text{ ‰}$ ), а наиболее холодные – для разреза Усть-Быстрианская ( $\delta^{18}\text{O}=19,17-19,52 \text{ ‰}$ ). Согласно значениям  $\delta^{13}\text{C}$  наибольшая биологическая продуктивность водных экосистем установлена для палеобиотопов, реконструированных в местонахождениях мыс Ахиллеон ( $\delta^{13}\text{C}=-11,86 \dots -6,6 \text{ ‰}$ ) и Сероглазовка ( $\delta^{13}\text{C}=-9,16 \dots -4,6 \text{ ‰}$ ), а наименьшая - в местонахождениях Копановка ( $\delta^{13}\text{C}=-14,3 \dots -12,62 \text{ ‰}$ ), Усть-Быстрианская ( $\delta^{13}\text{C}=-13,03 \dots -12,54 \text{ ‰}$ ) и Семибалки ( $\delta^{13}\text{C}=-14,4 \dots -11,52 \text{ ‰}$ ).

Установлено, что значения геохимического индикатора  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  в карбонате ископаемых раковин моллюсков соответствуют литологическим характеристикам вмещающих пород и подтверждают возможность его успешного применения для реконструкции субстрата, на котором обитали моллюски. Значения, свидетельствующие об обитании моллюсков на глинистом субстрате, получены для местонахождения Усть-Быстрианская, а преобладание песчаных грунтов по данному показателю выявлено для палеобиотопов, реконструированных в местонахождениях Семибалки, Сероглазовка и мыс Ахиллеон. Согласно показателю индекс химического выветривания выявлено, что сухой климат в период осадконакопления существовал в местонахождениях Семибалки и мыс Ахиллеон. Геохимический индикатор  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (титановый модуль) подтверждает вывод о сухости климата в этих реконструированных биотопах. Кроме того, с помощью этого индикатора установлено, что наибольшую глубину имели участки рек, реконструированные на основе материалов из разрезов Полдомасово, мыс Ахиллеон и Семибалки, а наименьшую – в местонахождениях Сероглазовка и Михайловский.

Геохимический индикатор  $\text{Sr}/\text{Ca}$  позволил определить, в какой части речного бассейна находились реконструированные биотопы. Согласно этому показателю можно сделать вывод, что в низовьях древнего речного бассейна располагались участки, реконструированные по разрезам Ветлянка, Копановка, Полдомасово и мыс Ахиллеон. В верховьях древнего речного бассейна располагался биотоп, который реконструирован по разрезу Усть-Быстрианская.

Факторный анализ данных о вариациях изотопов  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  и содержании химических элементов в ископаемых раковинах моллюсков позволил выделить 4 фактора, которые были интерпретированы как «Накопление металлов с алюмосиликатами», «Накопление элементов при низком редокс-потенциале воды», «Температура воды», «Накопление при высоком редокс-потенциале воды». По результатам корреляционного анализа выявлена средняя положительная связь между количеством видов, представленных в тафоценозе, с фактором «Накопление элементов при низком редокс-потенциале воды» ( $r$  Спирмена = 0.5;  $p < 0.05$ ).

Таким образом, основываясь на результатах палеогеографической реконструкции, получены следующие выводы об условиях в древних биотопах и сопоставлены с уже имеющимися данными: 1) В местонахождениях Семибалки и мыс Ахиллеон реконструированы глубокие приустьевые участки древних водотоков, существовавшие на границе раннего и среднего плейстоцена. Результаты исследований палеоэкологических условий, в целом, подтверждают выводы ранее опубликованных работ (Фролов, Куршаков, 2015). 2) В местонахождениях Ветлянка, Сероглазовка, Копановка и Полдомасово получены данные об истории развития биотопов на участке Нижней Волги на протяжении среднего плейстоцена. Получены данные о наименьшей, среди этих местонахождений, глубине древнего водотока и наибольшей первичной продуктивности древней экосистемы в местонахождении Сероглазовка, при этом здесь отмечено присутствие крупных раковин *Unio tumidus*. 3) В позднеплейстоценовых местонахождениях Усть-Быстрянская и Михайловский реконструированы биотопы, находившиеся вдали от устьевой части рек, с относительно низкой температурой воды в период, хронологически близкий максимуму последнего оледенения.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта Российского научного фонда № 18-77-00058.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Panin A., Adamiec G., Buylaert J.-P., Matlakhova E., Moska P., Novenko E. Two Late Pleistocene climate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, west-central Russian Plain // *Quaternary Science Reviews*. 2017. Vol. 166. P. 266-288
2. Zastrozhnov A.S., Danukalova G.A., Golovachev M.V., Titov V.V., Tesakov A.S., Simakova A.N., Osipova E.M., Trofimova S.S., Zynoviev E.V., and Kurmanov R.G.. Singil Deposits in the Quaternary Scheme of the Lower Volga Region: New Data // *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2018. Vol. 26. № 6. P. 647-685.
3. Zubakov V.A., Borzenkova I.I. Global palaeoclimate of the Late Cenozoic. Ser. *Developments in Paleontology*, 12. Elsevier: Amsterdam–New York–Oxford–Tokyo. 1990. 456 p.
4. Лебедева Н.А. Антропоген Приазовья / М.: Наука, 1972. 106 с.
5. Лебедева Н.А. Континентальные антропогеновые отложения Азово-Кубанского прогиба и соотношение их с морскими толщами / Тр. ГИН АН СССР. Вып. 84. М.: 1963. 108 с.
6. Матюхин А.Е. Михайловская балка — новый палеолитический памятник в устье Северского Донца (предварительное сообщение) // *Археологические вести*. 2002. № 9. С. 34–40.
7. Москвитин А.И. Плейстоцен Европейской части СССР. Тр. ГИН, вып. 123. М.: «Наука», 1965. 180 с.
8. Москвитин А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья // Тр. геол. ин-та АН СССР. Вып. 64. М.: «Наука», 1962. 250 с.

9. Рычагов Г.И., Судакова Н.Г., Антонов С.И. О ледниковой стратиграфии и палеогеографии центра Восточно-Европейской равнины // Вестн. Моск. ун-та. 2012. Сер. 5. География. № 1. С. 36-44.
10. Тесаков А.С, Симакова А.Н., Фролов П.Д., Титов В.В. Биостратиграфия позднеплейстоценовых отложений разреза Синий Яр в низовьях р. Северный Донец // Вестник Южного научного центра. Т. 8. № 4. 2012. С. 58-65.
11. Томилова А.А., Кондаков А.В., Болотов И.Н., Вихрев И.В., Любас А.А., Кабаков М.Б. Генетическая дивергенция утиной беззубки *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) рек бассейна Азовского моря на основе COI / Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов: XXVI Всероссийская молодежная научная конференция (с элементами научной школы). 2019 (в печати).
12. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений Крымско-Кавказского побережья и некоторые вопросы геологической истории Черного моря / Тр. ГИН АН СССР. Т. 88. М.: Наука, 1963. 157 с.
13. Фролов П.Д. Стратиграфическое, палеоэкологическое и палеоклиматическое значение пресноводных и солоноватоводных моллюсков плейстоцена юга Восточной Европы. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Москва. 2013. 25 с.
14. Янина Т.А. Эволюция природной среды Понто-Каспия в условиях глобальных изменений климата в позднем плейстоцене // Вестник Московского университета. Сер. 5, География, 2013. № 1. С.3-15.
15. Яхимович В.Л., Немкова В.К., Сиднев А.В., Сулейманова Ф.И., Хабибуллина Г.А., Щербакова Т.И., Яковлев А.Г. Плейстоцен Предуралья. М.: Наука, 1987. 113 с.

## **ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОСЕННЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ДВИНСКОГО ЗАЛИВА В 2001 - 2016 гг.**

*И. Ю. Македонская*

Северный отдел Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО», г. Архангельск, makedonskaja@pinro.ru

В последние годы Арктика вступила в период интенсивных нагрузок и изменений, связанных с новым комплексом стрессовых факторов, основным из которых является изменение климата. По прогнозам, потепление климата в Арктике вызовет множество экологических изменений, включая таяние морских льдов, усиление стока и последующее повышение уровня моря с серьезными последствиями для прибрежных районов [1]. Температура – один из основных параметров среды, влияющих на жизнедеятельность гидробионтов. Планктонные организмы особенно чувствительны к влиянию этого фактора, так как обитают в крайне нестабильной среде, а также обладают короткими жизненными циклами. В связи с этим, планктонные сообщества относительно быстро реагируют на изменения температуры, которые могут влиять на их разнообразие, размножение и скорость роста [2]. А изменения в видовом разнообразии планктона, в свою очередь, влияют на базовые процессы в биоценозах, особенно на продукцию.

Целью данной работы является выявление взаимосвязи колебаний температуры и видового разнообразия фитопланктонного сообщества поверхностного слоя морских вод Двинского залива Белого моря в осенний период 2001-2016 гг.

Исследования фитопланктона Двинского залива проводились в рамках программы мониторинга ФГБНУ «ПИНРО» на 2001–2016 гг. Материалом для данной работы послужили 66 проб фитопланктона, отобранных на 6 точках залива в второй

половине октября - начале ноября. Схема расположения точек отбора проб представлена на рисунке 1.

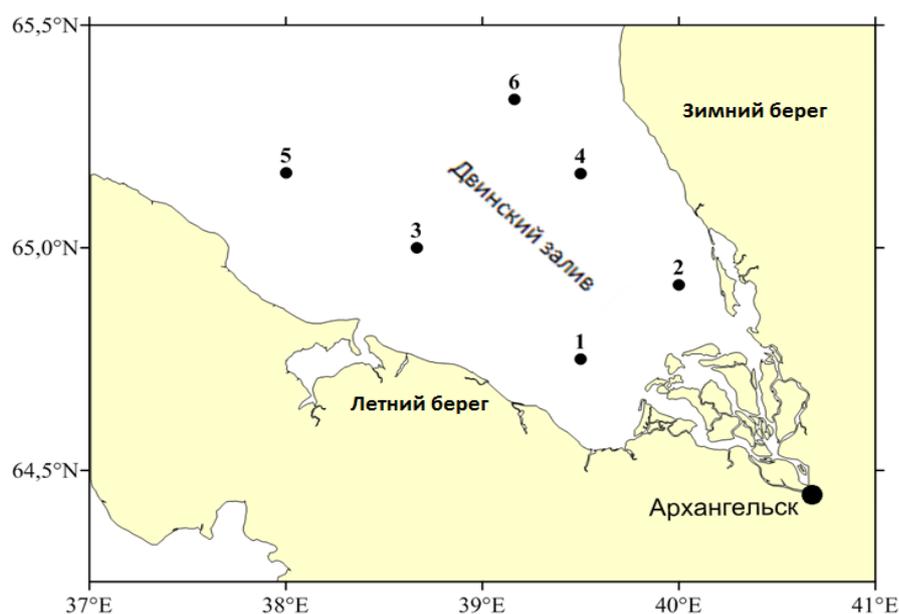


Рис. 1 – Расположение точек отбора проб фитопланктона в Двинском заливе Белого моря в 2001-2016 гг.

Отбор и обработка проб осуществлялись стандартными методами [3, 4]. На основе численности всех обнаруженных в Двинском заливе видов микроводорослей были рассчитаны индексы: для оценки структуры и выравненности сообщества – информационный индекс Шеннона, для определения видового богатства – индекс Маргалефа [5, 6, 7].

Двинский залив – один из крупнейших заливов Белого моря, в вершину которого вливается река Северная Двина, являющаяся наибольшей из рек, впадающих в Белое море. Основная гидрологическая особенность Белого моря заключается в том, что его воды на поверхности хорошо прогреваются летом, а на глубине более 60–70 м они охлаждены круглый год до отрицательных температур. Летом поверхностный, основной продуктивный слой прогревается от 15,7°С (в Онежском заливе в районе о. Жижгин) до 24,5°С (в Двинском заливе у о. Мудьюг). Начиная с августа вода на поверхности медленно охлаждается. Лед обычно образуется в конце ноября–декабре. Также в Двинском заливе, подверженном мощному речному стоку, образуются линзы опреснённых вод (пятна повышенной температуры) [8].

Заметные изменения климатических и гидрологических характеристик (в том числе – температуры поверхностных вод) зарегистрированы в последние годы по данным сети различных гидрометеостанций и постов, расположенных на Белом море. Наиболее низкие температуры воды по всем этим станциям наблюдались в конце 70-х, середине 80-х и начале 90-х годов прошлого века, а высокие – в 1989 г. Общее увеличение температуры воды в течение 90-х годов согласуется с тенденциями ее изменений как в океане, так и в Баренцевом море [9].

Сезонная и межгодовая изменчивость динамических процессов предопределяет изменение характера пространственного распределения фитопланктона в разные сезоны и разные годы, т.е. следует говорить о пространственно-временной вариабельности распределения видового состава, набора доминирующих водорослей и обилия фитопланктона [10]. Осенний комплекс микроводорослей в октябре вегетирует в условиях существенного уменьшения температуры, освещённости и длины светового дня. Обычно в этот период фитопланктон представлен небольшим (19-29) количеством

видов водорослей. Индекс видового разнообразия, биомасса и фотосинтетическая активность фитопланктона низкие [11].

Общий список планктонных водорослей Белого моря насчитывает 449 видов (без учёта пресноводных форм, количество которых значительно возрастает в эстуарных районах) [10].

Нами в осенний период (вторая половина октября-начало ноября) 2001-2016 гг. в поверхностном слое Двинского залива было отмечено более 199 таксонов пелагических микроводорослей, 161 из которых были идентифицированы до видового уровня. По своему систематическому положению все исследованные микроводоросли принадлежали к 7 отделам: Bacillariophyta (144 таксона), Dinophyta (25 таксонов), Chlorophyta (16 таксонов), Cryptophyta (1 таксон), Chrysophyta (4 таксона), Euglenophyta (2 таксона), Cyanophyta (7 таксонов). Наибольшим разнообразием отличались отделы: Bacillariophyta – 72%, Dinophyta – 13% и Chlorophyta – 8 % от общего числа обнаруженных таксонов. Некоторые формы водорослей (39 таксонов) не могли быть идентифицированы до видового уровня ввиду технических ограничений использованных стандартных методик. Распределение выявленных таксонов по годам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение таксонов фитопланктона Двинского залива по отделам и годам

Дата	Bacillariophyta	Dinophyta	Chlorophyta	Chrysophyta	Cryptophyta	Euglenophyta	Cyanophyta	Всего
2001 ноябрь	25	1	2	-	1	-	1	30
2002 ноябрь	15	2	1	-	1	-	-	19
2003 октябрь	18	5	2	1	1	-	3	30
2004 ноябрь	29	6	2	2	1	-	3	43
2006 октябрь	18	4	2	1	1	1	-	27
2010 октябрь	28	4	-	1	-	1	-	34
2012 октябрь	34	7	4	2	1	2	1	51
2014 октябрь	59	6	8	2	2	1	-	78
2015 октябрь	35	7	-	2	1	1	-	46
2016 октябрь	46	7	8	2	1	2	1	67

В осенний период 2001-2016 гг. минимальные значения средней температуры вод Двинского залива отмечены в 2002 г., а максимальные – в 2016 г. Начиная с 2010 г. также отмечено как стабильное повышение температуры воды залива, так и увеличение средних значений численности фитопланктона, количество обнаруженных таксонов микроводорослей и индексов видового разнообразия (Табл. 2.)

Таблица 2 – Средние значения температуры воды, численных характеристик и индексов разнообразия фитопланктона Двинского залива в осенний период 2001-2016 гг.

Дата	Температура	Численность, млн.кл./м <sup>3</sup>	Виды, шт. (в пробе)	Таксоны, шт.	Индекс Шеннона	Индекс Маргалефа
2001 ноябрь	3,60	2,37	7	30	1,90	0,56
2002 ноябрь	1,93	1,13	6	19	2,28	0,85
2003 октябрь	4,81	0,55	9	30	2,71	1,24
2004 ноябрь	3,93	0,98	10	43	2,58	1,33
2006 октябрь	4,51	2,40	8	27	2,38	0,88
2010 октябрь	6,53	3,71	16	34	2,76	1,82
2012 октябрь	6,08	3,58	18	51	3,29	2,11
2014 октябрь	6,34	9,64	29	78	3,27	3,07
2015 октябрь	6,67	18,13	21	46	2,91	2,01
2016 октябрь	8,01	30,52	23	67	3,18	2,30

Индекс биоразнообразия Шеннона отражает сложность структуры сообщества и может изменяться от 0 до 5. Средние значения индекса биоразнообразия Шеннона изменялись от 1,90 до 3,29 бит/экз, что указывает на повышение сложности структуры сообщества фитопланктона Двинского залива. Индекс Маргалефа отражает плотность видов (видовое богатство) на определенной территории, т. е. чем выше индекс, тем большим видовым богатством характеризуется данная территория. Средние значения индекса Маргалефа для исследуемого района изменялись от 0,56 до 3,07, что говорит об увеличении видового богатства фитоценоза. Такие изменения индексов разнообразия происходили на фоне повышения средней температуры вод Двинского залива (Рис.2).



Рис. 2 – Распределение температуры воды, индексов разнообразия фитопланктона Двинского залива Белого моря в осенний период 2001-2016 гг.

В результате исследований была сделана попытка оценить изменение температуры и видового разнообразия фитопланктонного сообщества поверхностного слоя вод Двинского залива Белого моря в осенний период 2001-2016 гг. В целом, количество обнаруженных таксонов микроводорослей и средние значения индексов Шеннона и Маргалефа увеличивались к 2016 г., что говорит о повышении сложности структуры и нарастании видового богатства фитоценоза данного района на фоне повышения температуры воды. Для дальнейшего более глубокого изучения изменений

видового разнообразия фитопланктона при колебаниях температуры морских вод Двинского залива необходимо продолжить данные исследования в все сезоны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реализация Программы по сохранению биологического разнообразия на основе перечня видов флоры и фауны, являющихся индикаторами устойчивого состояния морских экосистем Арктической зоны РФ в зоне ответственности ООО «Газпром нефть шельф» / Экологический мониторинг и поддержка биоразнообразия [Электронный ресурс].-Режим доступа: URL: [http://shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental\\_monitoring/ehkologicheskij\\_monitoring\\_2017](http://shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental_monitoring/ehkologicheskij_monitoring_2017))
2. Мартынова Д.М., Усов Н.В., Сухотин А.А., Пугачев О.Н. Многолетняя и сезонная динамика гидрологического режима и планктонных сообществ Белого и Печорского морей в свете изучения стабильности пелагических морских сообществ Арктики / Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации 2015 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ras.ru/viewstaticdoc.aspx?id=6fa0e4e3-9753-428b-a447-1befb815cd93&\\_Language=ru](http://www.ras.ru/viewstaticdoc.aspx?id=6fa0e4e3-9753-428b-a447-1befb815cd93&_Language=ru)
3. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
4. Федоров, В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / В. Д. Федоров. М.: Изд-во МГУ, 1979. 167 с.
5. Кузьмин Г.В. Фитопланктон: Видовой состав и обилие / Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73-87.
6. Шитиков В. К. Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
7. Shannon C. E., W. Weaver. The mathematical theory of communication / Urbana: The Univ. of Illinois Press, 1949. 117 p.
8. Л.В. Ильяш, Т. Н. Ратькова, И. Г. Радченко, Л.С.Житина, Т.А.Белевич, В.Д.Фёдоров Состав и пространственно-временная изменчивость фитопланктона / Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследования фауны морей. Т.69 (77). СПб: ЗИН РАН. 2012. 377с.
9. В.Я. Бергер. Продукционный потенциал Белого моря / Исследования фауны морей. Т. 60 (68). СПб: ЗИН РАН, 2007. 292 с.
10. Л. В. Ильяш, Т. Н. Ратькова, И.Г. Радченко, Л. С. Житина, Т. А. Белевич, В. Д. Фёдоров Состав и пространственно-временная изменчивость фитопланктона / Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследования фауны морей. Т.69(77). СПб: ЗИН РАН. 2012. 377с.
11. Л. В. Ильяш, Л. С. Житина, В. Д. Фёдоров «Фитопланктон Белого моря» / М. – «Янус-К», 2003. С.168.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ ПО ИЗОТОПНОМУ СОСТАВУ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В АРКТИКЕ

*А.И. Малов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, malovai@yandex.ru

Оценки возраста старых травертинов с использованием изотопов углерода обычно используются только в исключительных случаях, поскольку исходные условия, такие как изотопный состав общего растворенного неорганического углерода (TDIC) в водах источников при осаждении травертина, редко доступны. Однако комбинированные измерения активности  $^{14}\text{C}$  с  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датировками и данными  $\delta^{13}\text{C}$  широко используются при изучении сталактитов и сталагмитов, образовавшихся в пещерах путем осаждения минералов из воды. Изменения изотопных соотношений углерода в спелеотемах позволяют восстановить климатические и гидрологические изменения [1-2]. В нашей работе измеренная активность  $^{14}\text{C}$  ( $^{14}\text{C}_{\text{modern}}$ ) в травертиновых формациях гидротермальной системы Пымвашор была использована в сочетании с  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датированием травертина для оценки исходного содержания  $^{14}\text{C}$  TDIC в воде древних термальных источников. Следуя Genty и Massault [3] и Rudzka et al. [1], доля кажущегося мертвого углерода или эффект разбавления (DE) был определен путем вычисления разницы между одновременной атмосферной активностью  $^{14}\text{C}$  ( $^{14}\text{C}_{\text{atm}}$ ) и рассчитанными значениями  $^{14}\text{C}_0$  термальной воды. Затем была предпринята попытка увязать изменения активности изотопов углерода с изменениями климата и геохимическими процессами.

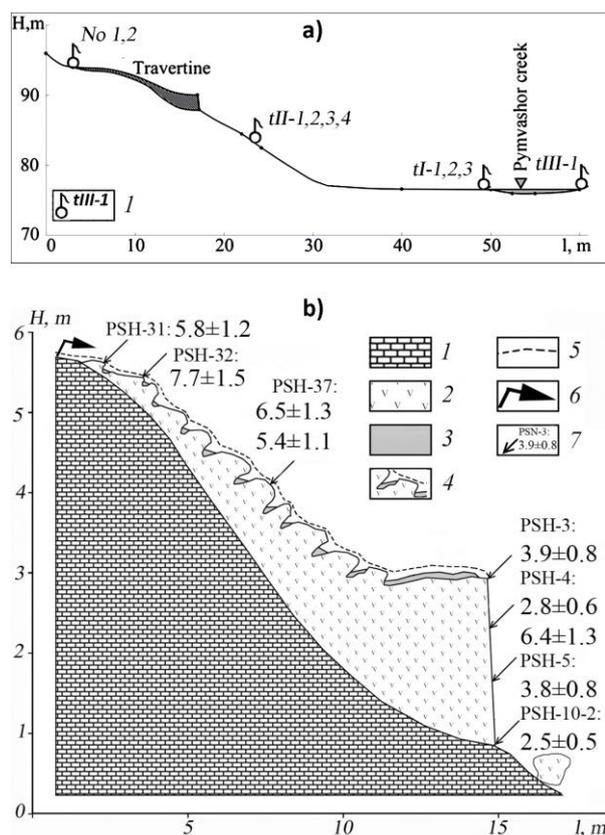
Субарктическая гидротермальная система Пымвашор находится в пределах хребта Чернышева, большой структуры на стыке Печорской плиты Восточно-Европейской платформы и Предуральяского прогиба в северо-восточной Европе (67°09,77' сш, 60°51,1' в.д.). Восемь активных термальных источников приурочены к долине ручья Пымвашор и располагаются на высоте 77 - 85 абс. м. (рис. 1а).

Старые травертиновые отложения имеют толщину 2 м и расположены на высоте 95 - 88 абс. м., покрывая склон долины на протяжении более 15 м (рис.1, б). Термальный источник № 1 (рис. 1) прекратил отлагать травертин еще до первых наблюдений в 1835 году, то есть более 180 лет назад. Термальный источник № 2 (рис. 1а), также более не функционирующий, находился на расстоянии 20 м от источника № 1. Полное описание гидротермальной системы и предварительные результаты химического и изотопного состава термальных вод и осажденного травертина были опубликованы Malov et al. [4].

Впоследствии новые определения изотопов углерода, урана и тория были получены по пробам травертина (PSH-04, PSH-31, PSH-32, PSH-37, PSH-10-1 и PSH-10-2). Эти новые результаты дают дополнительную информацию об эволюции гидротермальной системы (таблица 1, рис. 1).

Измерения изотопов урана, тория и углерода в воде и травертине проводились, как описано ранее Malov et al. [4] Общий уран определялся без предварительной концентрации ICP-MS в GET, Тулуза. Изотопы урана и тория определяли с использованием альфа-спектрометра («Прогресс-альфа» и «ALFA-DUO», неопределенности 5-6% (Th) и 10-20% (U)) в ФИЦКИА РАН, Архангельск и СПбУ, Санкт-Петербург.  $\delta^{13}\text{C}$  определяли GC-IMS в ИМК РАН, Санкт-Петербург. Образцы воды для анализа  $^{14}\text{C}$  обрабатывали растворами  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{NaOH}$  для осаждения карбоната.  $^{14}\text{C}$  измеряли с использованием LSS Quantulus 1220 в СПбУ, Санкт-Петербург. Неопределенности измерений для  $^{14}\text{C}$  варьируются от 1 до 5%.

Все образцы травертина были отобраны с глубин 5-10 см



(a) 1 – термальный источник с его номером; (b) 1 - известняк, 2 - травертин, 3 – погребенный аллювий, 4 - травертиновые террасы, 5 - почва, 6 – разгрузка термальных вод в прошлом, 7 – датировки травертина (ка BP) (по [4] с дополнениями).

Рис. 1 – Схема расположения источников и разрез травертиновой постройки с нанесением ID проб и их  $^{230}\text{Th-U}$  датировок

Таблица 1 – Изотопный состав и возраст травертинов и термальных вод

Номер пробы	U/Th возраст	$^{14}\text{C}_{\text{modern}}$	$^{14}\text{C}_{\text{calc}}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$^{14}\text{C}$ возраст
	(тысяч лет)	(pmc)	(pmc)	VPDB (‰)	VSMOW (‰)	(cal BP)
Травертины						
PSH-03	3,89±0,780	NA	NA	-6.1	12.6	NA
PSH-04	6,38±1,27	NA	NA	-6.7	12.4	NA
PSH-04	2,76±0,6	15.65±0.45	22.08±1.56	-6.3	NA	NA
PSH-05	3,758±0,75	NA	NA	-5.8	13.5	NA
PSH-08	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PSH-09	NA	NA	NA	-6.2	12.7	NA
PSH-10-2	2,46±0,49	NA	NA	-6.0	12.4	NA
PSH-15	NA	NA	NA	-4.9	14.0	NA
PSH-19	NA	NA	NA	-5.1	13.1	NA
PSH-31	5,85±1,17	15.93±0.22	33.02±4.48	-5.8	NA	NA
PSH-32	7,72±1,54	17.09±0.30	44.73±7.82	-4.9	NA	NA
PSH-37	5,4±1,08	14.41±0.23	28.24±3.55	NA	NA	NA
PSH-37	6,54±1,3	14.41±0.23	32.56±4.87	-5.0	NA	NA
Термальные воды современных источников						
tI-3	NA	19.29±0.37	38.37 ( $^{14}\text{C}_0$ )	-10.7	-15.3	6,23±0,18
tII-1	NA	18.97±0.90	34.84 ( $^{14}\text{C}_0$ )	-9.8	-15.3	5,44±0,48
tIII-1	NA	16.00±1.52	34.33 ( $^{14}\text{C}_0$ )	-9.6	-15.8	6,97±0,9

NA - не анализировалось.

Возраст травертина изменяется от максимума  $7,7 \pm 1,5$  тысяч лет в верхней части структуры до минимума  $2,5 \pm 0,5$  в нижней (таблица 1, рис. 1), что связано с неотектоническим поднятием в области травертиновых отложений и соответственно последовательным образованием 12 травертиновых террас [4].

Зная современную активность  $^{14}\text{C}$  в травертине ( $^{14}\text{C}_{\text{modern}}$ ) (таблица 1), мы можем определить расчетное содержание радиоуглерода TDIC во время осаждения травертина ( $^{14}\text{C}_{\text{calc}}$ ) с использованием следующей формулы:

$$^{14}\text{C}_{\text{calc}} = ^{14}\text{C}_{\text{modern}} \cdot \exp(t/8033) \quad (1)$$

где  $t$  -  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возраст травертина. Полученные значения  $^{14}\text{C}_{\text{calc}}$  (рис. 2) соответствуют активности  $^{14}\text{C}$  TDIC в древних термальных водах из источника № 1 во время осаждения травертина (рис.1, 2). Время осаждения травертина - это  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возраст старого травертина (таблица 1) и период разгрузки древних термальных вод на поверхность (нижняя ось X на рисунке 2, период от  $7,7 \pm 1,5$  до  $2,5 \pm 0,5$  тысяч лет).

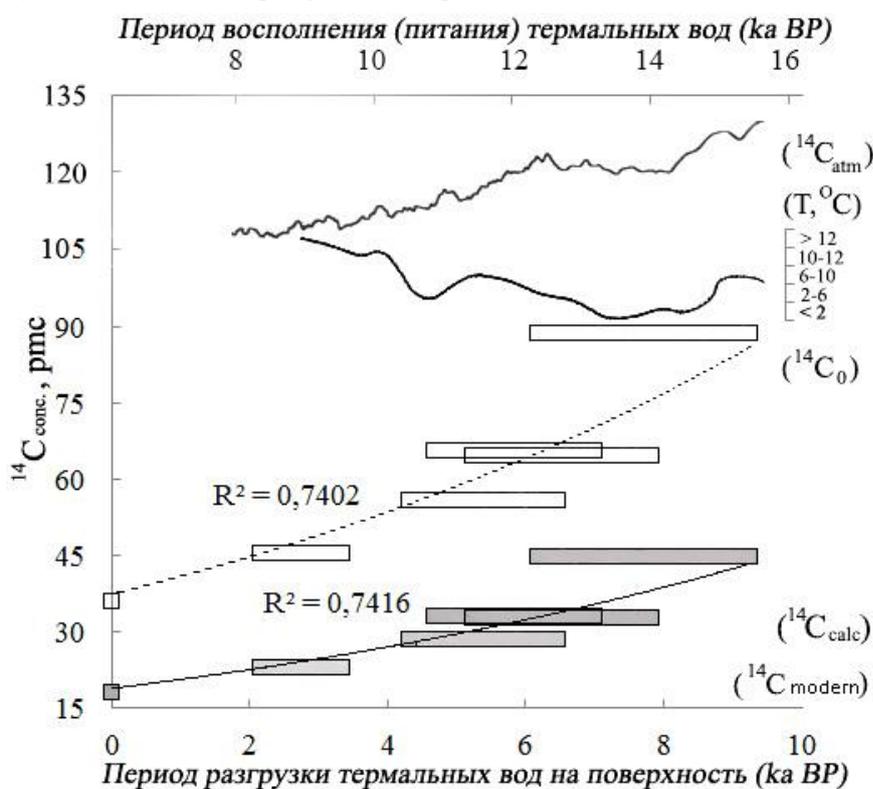


Рис. 2 – Монотонное снижение средней ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}_{\text{calc}}$ ) активности и начальной активности TDIC ( $^{14}\text{C}_0$ ) для воды термальных источников гидротермальной системы

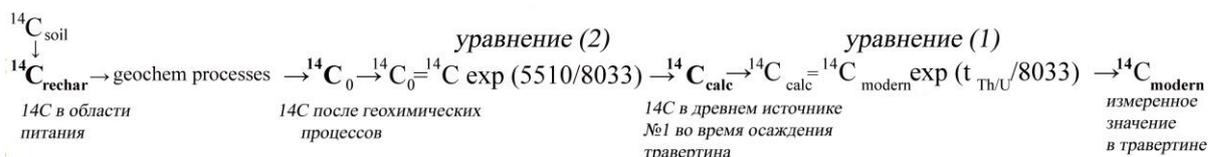
На рисунке 2 также показана линия тренда расчетной исходной активности  $^{14}\text{C}$  TDIC ( $^{14}\text{C}_0$ ) термальных источников (пунктирная линия). Значения  $^{14}\text{C}_0$  рассчитывались с использованием уравнения:

$$^{14}\text{C}_0 = ^{14}\text{C} \cdot \exp(t/8033) \quad (2)$$

где для современных источников  $^{14}\text{C}$  соответствует  $^{14}\text{C}_{\text{modern}}$ , а для древних вод -  $^{14}\text{C}_{\text{calc}}$ ;  $t$  -  $^{14}\text{C}$  возраст термальных вод (таблица 1).

Концептуальная схема, используемая при оценке  $^{14}\text{C}_0$ , показана на рисунке 3.

Расчеты показали, что разница между одновременной активностью  $^{14}\text{C}$  атмосферы ( $^{14}\text{C}_{\text{atm}}$ ) и расчетными значениями  $^{14}\text{C}_0$  (DE) увеличивается от 40 до 70 pMC в течение периода времени от  $13,9 \pm 1,5$  до 6,2 тыс. лет назад (рис. 2).



${}^{14}\text{C}_{\text{soil}} - {}^{14}\text{C}$  в почвенном  $\text{CO}_2$ ; 5510 -  ${}^{14}\text{C}$  возраст термальных вод, определенный в [4].

Рис. 3 - Эволюция  ${}^{14}\text{C}$  TDIC в термальных водах/травертинах

Это свидетельствует о неустойчивости химических процессов в этот период, в частности о возможном повышении скоростей растворения карбонатов в зоне аэрации и водоносных горизонтах. Можно предположить, что это было вызвано уменьшением доли рассолов и увеличением доли атмосферной составляющей в составе термальных вод, следствием чего было снижение минеральной насыщенности подземных вод по отношению к карбонатным минералам.

Таблица 2 – Возможные связи изотопного состава термальных вод с геохимическими процессами в водоносных горизонтах и климатическими изменениями (по [7-8] с дополнениями)

Процессы	${}^{14}\text{C}_0$ *	$\delta^{13}\text{C}$ *	Примечания
(1) Возрастание растворения карбонатов вызванное повышением доли метеорных вод в термальной системе.	↓	↑	Как показывают соотношения ${}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ в травертинах и термальных источниках Пымвашиор.
(2) Возрастание изотопного обмена между DIC и почвенным $\text{CO}_2$ , в связи с таянием многолетнемерзлых пород.	↑	↓	Этот процесс происходит главным образом в области питания в условиях открытой системы.
(3) Дополнительный $\text{CO}_2$ при метаногенезе.	↓	↑	Этот процесс происходит главным образом в области питания в условиях закрытой системы.
(4) Дополнительный $\text{CO}_2$ при разложении погребенного органического вещества.	↓	↓ или →	Некоторая добавка $\text{CO}_2$ может оставаться в воде в виде $\text{CO}_2(\text{aq})$ без дальнейшей реакции с карбонатами с образованием бикарбоната. В этом случае снижается $\delta^{13}\text{C}$ . Если весь $\text{CO}_2$ прореагировал с карбонатами, $\delta^{13}\text{C}$ может остаться без изменения.
(5) Эффекты изменений климата и ${}^{14}\text{C}_{\text{atm}}$ от плейстоцена к голоцену.	↓	↓	Изменения в геохимическом состоянии окружающей среды: Снижение $\delta^{13}\text{C}$ почвенного $\text{CO}_2$ в связи с более теплым и влажным климатом, снижение ${}^{14}\text{C}_{\text{atm}}$ .
Наши результаты: со снижением возраста воды от $13.9 \pm 1.5$ до 6.2 тысяч лет, оба ${}^{14}\text{C}_0$ и $\delta^{13}\text{C}$ снижаются.	↓	↓	

\* Изменения  ${}^{14}\text{C}_0$  и  $\delta^{13}\text{C}$  (↑: возрастание; ↓: снижение; →: без изменений)

Повышенное значение среднего отношения активностей изотопов  ${}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U}$  в травертинах ( $5,2 \pm 0,85$ ) по сравнению с водами современных термальных источников ( $3,8 \pm 0,58$ ) подтверждает это предположение [5-6]. Однако этот процесс должен привести к увеличению  $\delta^{13}\text{C}$ . У нас же наблюдается снижение и  ${}^{14}\text{C}_0$  и  $\delta^{13}\text{C}$  (рис. 2).

Поэтому в таблице 4 рассмотрены также и другие факторы, которые могут приводить к изменениям  $^{14}\text{C}_0$  и  $\delta^{13}\text{C}$ .

Анализ таблицы позволяет интерпретировать результаты следующим образом. Все процессы, перечисленные в таблице 4, происходили при таянии многолетнемерзлых пород. Принимая во внимание, что эффекты процессов (1) - (3) могут быть сбалансированы (т.е. результирующие изменения могут быть незначительными), на  $^{14}\text{C}_0$  и  $\delta^{13}\text{C}$  в основном воздействуют процессы (4) и (5). В то время как процесс (5) может вызвать снижение  $^{14}\text{C}_0$  параллельно изменениям  $^{14}\text{C}_{\text{atm}}$ , некоторый другой процесс(ы) (например, процесс (4)), возможно, ускорил изменения в  $^{14}\text{C}_0$ , вызвав большую разницу между  $^{14}\text{C}_0$  и  $^{14}\text{C}_{\text{atm}}$  для более молодой воды, чем для более древней.

Таким образом, совместное изучение изотопов углерода, урана и тория в травертинах может давать дополнительную информацию о процессах эволюции гидротермальных систем и окружающей среды.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта УрО РАН 18-5-5-26 (№ АААА-А18-118012390242-5) и государственного задания «Комплексные изотопно-геохимические исследования качества природной среды и идентификация процессов её трансформации на приморских территориях Европейского Севера в современности и в прошлом» (№ 0409-2019-0037).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rudzka D., McDermotta F., Baldinib L.M. et al. The coupled  $\delta^{13}\text{C}$ -radiocarbon systematics of three Late Glacial/early Holocene speleothems; insights into soil and cave processes at climatic transitions // *Geochim Cosmochim Acta*. 2011. V.75. P. 4321–4339.
2. Wong C.I., Breecker D.O.. Advancements in the use of speleothems as climate archives // *Quat Sci Rev*. 2015. V. 127. P. 1–18.
3. Genty D., Massault M. Carbon transfer dynamics from bomb- $^{14}\text{C}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  time series of a laminated stalagmite from SW France – modelling and comparison with other stalagmite records // *Geochim Cosmochim Acta*. 1999. V. 63. P. 1537–1548.
4. Malov A.I., Bolotov I.N., Pokrovsky O.S. et al. Modeling past and present activity of a subarctic hydrothermal system using O, H, C, U and Th isotopes // *Appl Geochem*. 2015. V. 63. P. 93–104.
5. Malov A.I. Application of Geological Benchmarks for Determining Groundwater Residence Time in the Aquifer Based on Uranium Isotope Data: Evidence from the Severnaya Dvina Basin // *Lithol. Mineral Resour*. 2013. V. 48. P. 254–265.
6. Malov A.I. Estimation of uranium migration parameters in sandstone aquifers // *J. Environ. Radioactiv*. 2016. V. 153. P. 61–67.
7. Han L-F., Plummer L.N., Aggarwal P. A graphical method to evaluate predominant geochemical processes occurring in groundwater systems for radiocarbon dating // *Chemical Geology*. 2012. V. 318–319. P. 88–112.
8. Han L-F., Plummer L.N., Aggarwal P. The curved  $^{14}\text{C}$  vs.  $\delta^{13}\text{C}$  relationship in dissolved inorganic carbon: A useful tool for groundwater age- and geochemical interpretations // *Chemical Geology*. 2014. V. 387. P. 111–125.

## ПРОИСХОДЯЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ИХТИОЦЕНОЗАХ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ И ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

*А.К. Матковский*

Тюменский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии ("Госрыбцентр"), г. Тюмень, shotway@mail.ru

Влияние процессов потепления климата на ихтиофауну водных объектов Обь-Иртышского бассейна наиболее контрастно проявляется в северных широтах в силу того, что здесь в течение многих лет сложился определенный комплекс биоты, приспособленный к суровым климатическим условиям. Выделить влияние потепления из всей совокупности факторов, в том числе антропогенного характера, задача не простая, поскольку изменения в условиях обитания разных видов нельзя равнозначно оценивать только как отрицательные. Потепление, с одной стороны, увеличивает продуктивность водных объектов, способствует разнообразию сообществ гидробионтов, повышает обеспеченность рыб пищей, с другой стороны, изменяет гидрологический и гидрохимический режим водных объектов, способствует улучшению условий обитания и воспроизводства более теплолюбивых форм, обостряет конкурентные межвидовые взаимоотношения и сокращает период нагула холоднолюбивых видов.

Несмотря на сложность выделения воздействия фактора потепления на те или иные стороны сообществ гидробионтов, тем не менее в структуре ихтиоценозов, в темпе роста особей, в количественных показателях популяций происходят определенные изменения, которые нельзя трактовать только как естественные в силу возрастающей антропогенной нагрузки. Хотя последняя, как свидетельствуют результаты исследования, в определенной степени ускоряет проявление влияния климатических факторов.

За последние 30–40 лет общей тенденцией в бассейне р. Обь на территории ХМАО и ЯНАО является сокращение доли холоднолюбивой ихтиофауны и увеличение представителей бореально-равнинного комплекса (рис. 1).

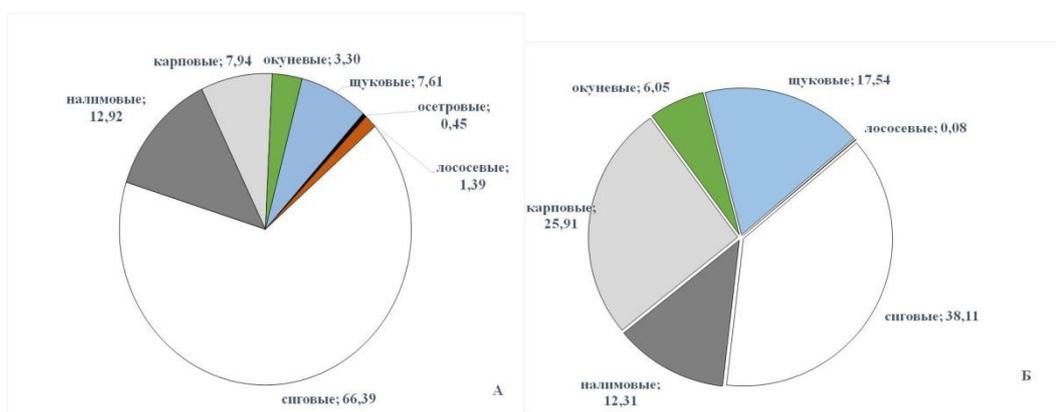


Рис. 1 – Доля различных семейств рыб в уловах на территории ЯНАО: А – 1980-1989 гг.; Б – 2015-2017 гг.

Таким образом, в настоящее время значительно сократилась численность сиговых видов рыб. Поскольку сиговые относятся к ценным объектам рыболовства, то снижение их численности в основном может быть связано с проблемой перелова и процесс глобального потепления здесь не причём. Хотя, как было ранее высказано

предположение, оба фактора имеют место быть, и сокращение численности сигов в результате их чрезмерного изъятия промыслом создает определенные конкурентные преимущества для других видов рыб, воспроизводство которых в условиях короткого северного лета ограничивалось. Для подтверждения подобного вывода необходимо проанализировать изменение состояния популяций частичковых видов рыб, а именно: как потепление климата сказалось на увеличении их численности и темпе роста особей.

Численность бореально-равнинной ихтиофауны ежегодно растет, и об этом можно судить по уловам группы частичковых видов рыб (язь, щука, окунь, плотва, елец, ерш) в водных объектах ХМАО и ЯНАО (рис. 2).

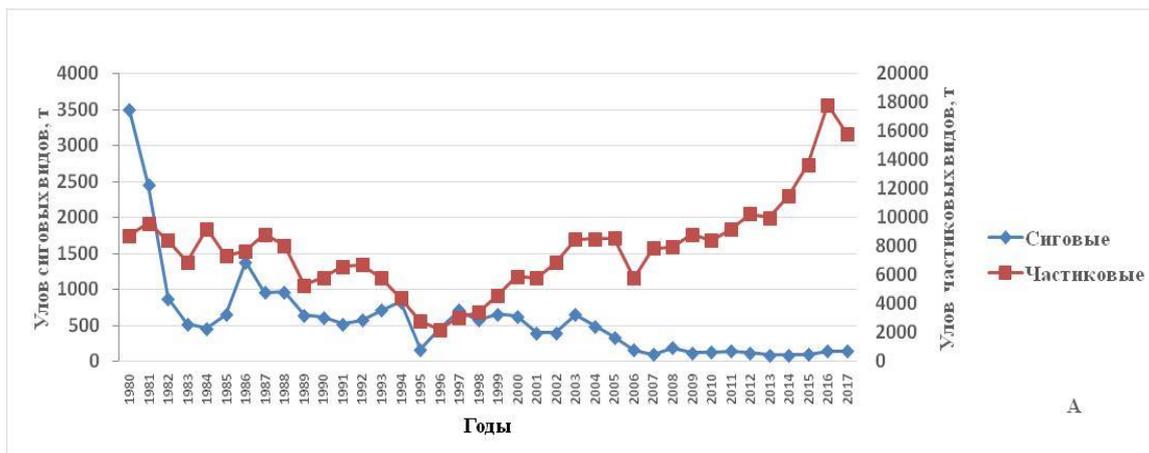


Рис. 2 – Динамика вылова отдельных групп рыб в водных объектах ХМАО

Увеличение численности частичковых видов рыб происходит на фоне сокращения сиговых. Из сиговых в динамике вылова учтены следующие виды: муксун, нельма, чир, сиг-пыжьян и пелядь. Поскольку численность каждой популяции лимитирована определенными жизненно важными ресурсами, то при появлении дополнительного освободившегося ресурса происходит замещение одних видов другими. Причем парадокс ситуации заключается в том, что виды, которые лучше адаптированы к условиям севера, сокращают свою численность. Поэтому такие изменения не могли быть связаны только с потеплением климата, и одной из причин явилась возросшая антропогенная нагрузка на сигов.

В Обь-Иртышском бассейне промысел рыбы всегда являлся приоритетным фактором, определяющим состояние запасов сиговых рыб. При этом в условиях севера сиговые всегда были обеспечены всеми необходимыми условиями для существования многочисленных популяций. Прежде всего, они обусловлены обширными нагульными и зимовальными акваториями в эстуариях и пойменной системе Оби, а также наличием ряда сравнительно крупных нерестовых рек. Кроме того, скатывающиеся с нерестилищ личинки сиговых рыб появляются в пойменных водоемах раньше, чем происходит вылупление личинок карповых и окуневых рыб, что также дает им определенные преимущества в росте и использовании кормовой базы соров.

Тем не менее увеличение численности частичка, особенно в нерестовых реках, отрицательно сказывается на условиях воспроизводства сиговых. Личинки выедаются карповыми и окуневыми видами, а также снижается обеспеченность пищей сигов.

Увеличение численности частичка связано не только с сокращением популяций сиговых и улучшением условий их обитания, но и с прекращением специализированных видов промысла, которые в условиях рыночной экономики оказались не столь привлекательными. В частности, многие виды специализированного лова частичка прекращены. Об улучшении условий обитания частичковых видов рыб свидетельствуют данные по изменению темпа роста рыб. Рассмотрим это на примере плотвы и язя р. Таз Тазовского района (рис.3).

Увеличение темпа роста у особей плотвы и язя обусловлено исключительно улучшением условий их обитания. Возможно, это связано как с повышением продуктивности водных объектов, так и с увеличением продолжительности и интенсивности летнего нагула, а также более эффективного использования пищи на рост.

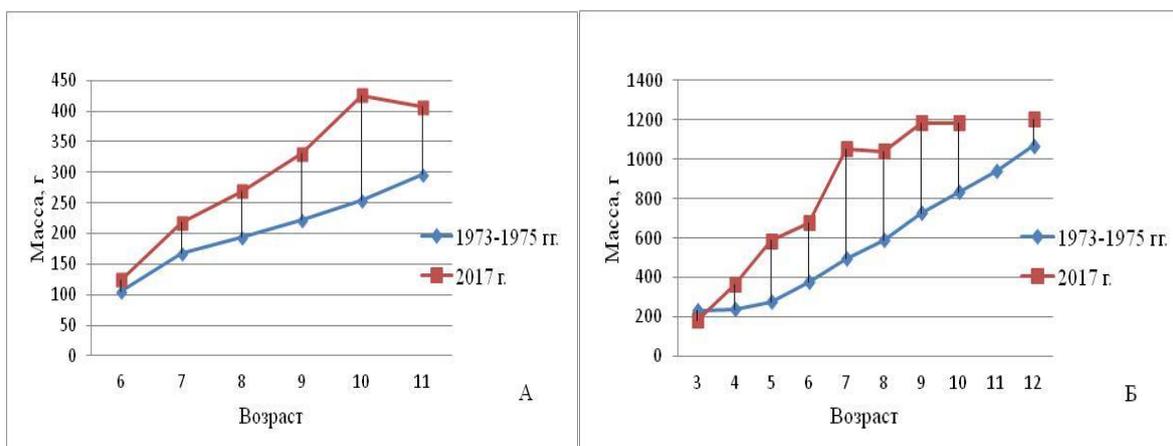


Рис. 3 – Весовой рост частичковых рыб за разные годы в р.Таз Тазовского района: А – плотва; Б – язь

Тазовский район для анализа темпа роста частичка был выбран не случайно. Во-первых, запасы сиговых здесь находятся в лучшем состоянии, чем на Оби, во-вторых, тазовская пойма занимает более северное положение, чем обская, в-третьих, запасы частичка здесь всегда не доиспользовались и темп роста у этих видов рыб был невысоким. Таким образом, в бассейне реки Таз независимо от численности популяций сигов темп роста у частичковых видов рыб в последние годы заметно возрос.

О том, что условия обитания частичковых видов рыб улучшаются, свидетельствует и стремительное продвижение леща в северные широты. В свое время лещ был зарыблен в крупные водохранилища Иртыша и Оби, откуда распространился по всему бассейну, в том числе и появился в р. Таз. Вылов леща в водных объектах ХМАО достиг 700 т, причем уловы его ежегодно растут (рис. 4).

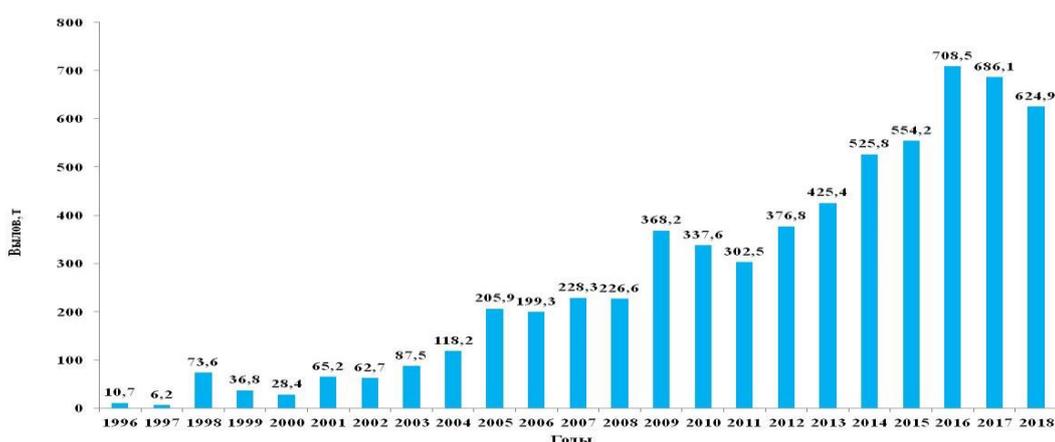


Рис. 4 – Вылов леща в водных объектах ХМАО

Увеличение численности леща свидетельствует, что этот вид, особенно в последние двадцать лет, получил необходимые условия для размножения в северных широтах. В Ханты-Мансийском автономном округе лещ становится серьезным конкурентом в питании стерляди и язя. Понятно, что в водных объектах ЯНАО лещ

составит конкуренцию сигу-пыжьяну, чирю и муксуну, поэтому данный вид здесь нежелателен.

На примере роста популяции леща можно подтвердить, что процесс потепления климата начал активно воздействовать на среду обитания рыб в водных объектах ХМАО с 90-ых годов прошлого столетия, т.к. на протяжении тридцати предшествующих лет его вылов не превышал 10 т. Особенно существенное увеличение численности леща стало прослеживаться с 1998 г. Кстати, рост численности частичковых видов рыб, представителей бореально-равнинного комплекса, также начался в этот период, поэтому можно сделать вывод, что потеплению климата отводится весьма существенная роль в этом процессе.

Потепление климата отрицательно сказывается на холоднолюбивых видах рыб. Прежде всего у сиговых сокращается период нагула в пойменной системе. Короткий период нагула, отсутствие необходимых жировых отложений не дает возможности для массового созревания сигов, влияет на интервал пропуска нереста. Возникает ситуация аналогичная маловодным годам, когда плохие условия нагула не способствуют успешному росту и развитию половых клеток. Все это отрицательно сказывается на урожайности последующих поколений. В результате длительной стадии трофоплазматического роста ооцитов задержка в нересте при неблагоприятных условиях может превышать двухлетний период. Из сиговых в этой ситуации преимущества получают короткоцикловые виды, а также виды, нагул которых в меньшей степени связан с пойменной системой. К таким видам в водных объектах Тюменской области относятся сиг-пыжьян, ряпушка и омуль. Действительно, численность популяций этих видов находится в удовлетворительном состоянии.

Высокий прогрев воды в летнее время наряду со снижением растворенного кислорода действует угнетающе на сиговых, и в комплексе с другими неблагоприятными условиями, такими, например, как повышенная зараженность паразитами, нарушающих работу органов кровообращения, может приводить даже к летальному исходу. При повышении скорости обменных процессов и гипоксии нормальная работа органов дыхания и кровообращения очень важна.

Рассмотренные негативные факторы наряду с повышенным промысловым изъятием ведут к деградации численности популяций сигов. Причем в наибольшей степени это отражается на длиннотелых видах, имеющих позднее половое созревание и не ежегодный нерест. Успешное воспроизводство этих видов зависит от совпадения большего числа факторов, делая их менее конкурентными по сравнению с частичковыми видами рыб и более короткоцикловыми ситами.

Поскольку температурный фактор оказывает влияние на продолжительность нагула сигов в пойменной системе и, возможно, косвенно определяет темп созревания и готовность особей совершать продолжительные миграции, то поэтому приоритет получают не только те виды, которые не связывают свой нагул с поймой, но и отдельные популяции, нерестилища которых в меньшей степени удалены от мест нагула. Именно такая тенденция начинает прослеживаться в последние годы. Всю большую роль в воспроизводстве сигов приобретают наиболее северные нерестовые реки. Кроме отмеченного факта, у отдельных видов наблюдается наличие группировок, имеющих более поздний нерестовый ход, который начинается непосредственно из эстуариев и дельты Оби. Таким примером служит чир. Можно предположить, что у этого вида есть популяции, нагул которых связан с дельтами крупных рек и южными акваториями Обской и Тазовской губ.

Тем не менее следует еще раз подчеркнуть, что отмеченное воздействие повышения температуры на сиговую фауну проявляется через призму антропогенного воздействия и приоритетным фактором в снижении численности популяций остается промысел. Сиговые сравнительно молодая группа рыб и сравнительно быстро адаптируется к изменяющимся условиям, образуя различные подвиды и экологические

формы. Поэтому необходим дальнейший анализ влияния изменения климата на популяции сигов.

Влияние изменения климата прослеживается и по наиболее удаленным северным акваториям. Достаточно ярким проявлением служит увеличение численности наваги в северной части Обской губы. Данный вид здесь никогда не рассматривался как перспективный объект рыболовства. Однако в силу улучшения кормовой базы и короткоцикловости наваги, а также, возможно, и увеличения благоприятных мест нереста численность вида заметно возросла. Причем при высокой численности наваги уровень ее каннибализма остается крайне низким, что не характерно для данного вида в бассейне Северного Ледовитого океана и объясняется исключительно хорошей кормовой базой.

Таким образом, потепление климата неравнозначно сказывается на условиях обитания и воспроизводства разных видов. Одни виды получают определенные преимущества, другие, наоборот, их теряют. В результате обостряются конкурентные взаимоотношения, изменяется структура ихтиоценозов и расширяются границы распространения более теплолюбивых видов далее на север. Селективное изъятие сигов способствует и ускоряет происходящие изменения в ихтиоценозах, обостряет межвидовые конкурентные взаимоотношения. Поэтому снижение численности отдельных видов не сопровождается увеличением темпа роста их особей. Возможно, прежде всего, длительное селективное воздействие промысла сказалось и на генетической структуре популяций. Однако несомненным является воздействие нескольких рассмотренных выше причин. Не случайно деграционные процессы в численности популяций сигов продолжаются и после существенного снижения рекомендуемых объемов вылова. Хотя доля браконьерского изъятия продолжает сохраняться на достаточно высоком уровне.

В этой связи интересны прогнозы: как будет развиваться ситуация в будущем, на сколько возрастет рыбопродуктивность северных водоемов, пойдет ли это на пользу ценной промысловой ихтиофауне при условии ограничения промысла сигов, появятся ли новые центры их воспроизводства, какие изменения произойдут в водных экосистемах и будут ли они носить обратимый характер.

Несмотря на то, что сиги в условиях северных широт имеют целый ряд адаптивных преимуществ, тем не менее данная группа оказалась весьма ранимой к совокупности изменений условий, оказывающих влияние на их воспроизводство. Наряду с селективным воздействием промысла одним из значимых оказался пищевой фактор, от которого зависит созревание гонад и накопление необходимого количества резервных энергетических веществ для совершения протяженных нерестовых миграций. В случае если процесс глобального потепления будет продолжаться и изъятие сигов не снизится, то отмеченные тенденции навряд ли кардинально изменятся. Поэтому для улучшения условий обитания сиговых и с целью эффективного использования рыбопродуктивности водных объектов необходимо снизить изъятие сигов, особенно высокоселективное плавными сетями, и увеличить вылов частичковой ихтиофауны. Кроме того, особую актуальность приобретают работы по искусственному воспроизводству и развитию пастбищной аквакультуры с использованием продуктивных обширных пойменных водоемов. При этом основные акценты по восстановлению запасов должны ставиться на виды рыб, совершающих протяженные нерестовые миграции в Среднюю Обь. Высокий пресс рыболовства не только сокращает численность и генетическое разнообразие популяций сигов и обостряет конкурентное давление со стороны частичковой ихтиофауны, но и снижает адаптивные возможности сиговых рыб приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. Поэтому одной из важных задач искусственного воспроизводства и регулирования рыболовства является сохранение генетического разнообразия популяций.

## ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СТРУКТУРУ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.

Н.А. Неверов, В.В. Беляев, А.Л. Минеев

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, na-neverov@yandex.ru

Лимитирующим фактором роста и продуктивности древесных растений в средней тайге является большое количество осадков (от 395 до 570 мм) и низкой среднегодовой температурой (-1.1 — -0.9°C). Коэффициент увлажнения составляет 1,33 [1]. В данных климатических условиях повышение продуктивности лесных экосистем происходит за счет литологического и геоморфологического факторов. К ним относятся: физико-механические свойства почвообразующих пород, плодородие почвы, а также характер рельефа, влияющий на степень увлажнения и распределения тепла [2, 3, 4]. С развитием компьютерных и аэрокосмических технологии, цифровое моделирование местности позволило проводить количественное моделирование и анализ рельефа Земли, а также взаимосвязь между рельефом и другими природными и антропогенными компонентами геосистем. Сложность задач научного-практические исследования, необходимость снижения уровня субъективности определила переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа [5]. Цель исследования является изучение влияния морфометрических параметры рельефа на качественные показатели древесины сосны (содержание поздней древесины, ширина годичного слоя, толщина стенок трахеид ранней и поздней древесины).

Исследования проводились в средней подзоне тайги в Устьянском районе Архангельская области в 2014-2016 гг. в типичных типах леса (сосняк черничный, сфагновый, брусничный). Отбирались керны возрастным буровом (Haglöf, Швеция) на высоте 1,3 м от шейки корня в направлении юг-север. Всего заложено 6 пробных площадей, на каждом отобрано по 30 кернов древесины. Таксационная характеристика исследуемых древостоев представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Таксационная характеристика исследуемых древостоев

Пробная площадь	Высота, м	Полнота	Состав древостоя	Возраст (лет)	Бонитет
Сосняк черничный					
1	17	0.8	7С3Е+Б	65	IV
2	19	0.7	8С2Е	80	IV
Сосняк сфагновый					
3	12	0.6	10С	90	Va
4	10	0.4	10С	100	Va
Сосняк брусничный					
5	18	0,7	8С2Б	80	III
6	18	0,7	8С2Б	70	III

Содержание поздней древесины и ширина годичного слоя измерялись с помощью Lintab 6 (Rinntech, Германия) и программного обеспечения TSAP-Win (версия 4.80, 2012). Для измерения толщина стенки трахеид ранней и поздней древесины отбирались образцы древесины из кернов примерно одного возраста, размером 0,5–1 см из 10 кернов каждой пробной площади. Затем их поместили в 96% этанол в течение 3 месяцев. После этого сделаны были сделаны срезы на микротоме МС-2 толщиной от 14 до 18 мкм. Срезы окрашивались раствором сафранина в течение 2-3 минут. На каждом срезе измерялось по 20 клеток ранней и поздней в каждом

видимом годичном слое [6] с помощью светового микроскопа “Axioscope A1” с дозирующим устройством (Zeiss, Германия).

Для проведения исследования создана цифровая модель рельефа Архангельской области на базе свободной глобальной цифровой модели рельефа ASTER GDEM (Версия 2, 2011) [7]. Морфометрические параметры рассчитывались в SAGA GIS (версия 6.4.0, 2018). Были выбраны три основных показателя рельефа: угол наклона, экспозиция, профильная кривизна (ПК) и 4 расчетных: топографический индекс влажности (ТИВ), LS фактор, фотосинтетически активная радиация (ФАР), анизотропное распределение суточного тепла (АРСТ) [5,8]. Морфометрическая характеристика рельефа исследуемых пробных площадей представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Морфометрические характеристики рельефа исследуемых пробных площадей

ПП	Высота над уровнем моря, м	Угол наклона, °	Экспозиция	ТИВ	LS фактор	ФАР	АРСТ	Профильная кривизна
1	72	1,24	NE	12,6	0,44	329,7	-0,0181	0,00034
3	70	1,65	NE	12,5	0,75	330,2	-0,0163	0,00030
5	86	0,97	NE	11,5	0,01	330,6	-0,0136	-0,00051
2	86	1,43	SE	12,1	0,50	334,5	0,0117	0,00045
4	85	1,40	SE	12,1	0,52	333,9	0,0058	0,00011
6	81	1,39	SW	12,0	0,62	334,8	0,0240	-0,0024

Статистический анализ проводился с использованием Python программное обеспечение (версия 2.7.12, 2016), пакет Sci Py (Версия 0.18.1, 2016).

Полученные данные макро- и микроструктуры древесины сосны соответствуют ранее полученным данным [9, 10]. Наименьшие значения годовой ширины слоя и толщина клеточной стенки в раннем и позднем возрасте наблюдалась в сфагновых сосновых. Это связано с тем, что глубина грунтовых вод в этом типе леса диапазоны 0-0.2 м [11], что является отрицательным фактором и приводит к сильному стрессу и медленному росту дерева (Табл. 3).

Таблица 3 – Показатели макро- и микроструктуры древесины сосны

Пробная площадь	Доля поздней древесины, %	Ширина годичного слоя, мм	Толщина стенок трахеид (µм)	
			Ранняя древесина	Поздняя древесина
1	25.3±0.73	0.75±0.02	3.22±0.04	8.01±0.05
2	25.5±0.86	1.12±0.05	2.86±0.04	7.45±0.05
3	23.4±0.45	0.54±0.03	3.15±0.06	7.51±0.04
4	22.8±0.76	0.59±0.03	2.79±0.06	7.16±0.07
5	27.4±0.70	1.00±0.03	2.86±0.07	4.11±0.10
6	22.8±0.54	1.50±0.06	2.64±0.07	3.64±0.09

Также проведен корреляционный анализ взаимосвязи показателей рельефа и полученных значений макро и микроструктуры древесины. Выявлена высокая степень взаимосвязи между толщиной стенок трахеид и углом экспозиции склона (табл. 4).

Ширина годичного слоя и доля поздней не имеет значимой корреляции с морфометрическими показателями рельефом. Толщина стенки трахеи ранней древесины имеет высокую степень корреляции с экспозицией, ФАР и АРСТ ( $r = -0.81, -$

0.88). Толщина стенки трахеи поздней древесины тесно связано с ТИВ и ПК ( $r = 0,88$ ) (Табл. 4).

Таблица 4 – Коэффициент корреляции Спирмена морфометрических показателей рельефа пробных площадей и структуры древесины сосны; различия при  $p < 0.05$  выделены черным.

Морфометрические показатели рельефа	Поздняя древесина	Ширина годичного слоя	Толщина стенок трахеид	
			Ранняя древесина	Поздняя древесина
Угол наклона	-0.31	-0.37	0.02	0.31
Экспозиция	-0.54	0.54	<b>-0.81</b>	-0.60
ТИВ	-0.2	-0.65	0.66	<b>0.88</b>
LS фактор	-0.77	-0.25	-0.26	-0.02
ФАР	-0.54	-0.54	<b>-0.81</b>	-0.60
АРСТ	-0.37	0.71	<b>-0.89</b>	-0.77
ПК	0.14	-0.14	0.52	0.77

Температура воздуха и почвы является фактором, ограничивающим формирование годичного кольца в таежной зоне [9, 12]. Температура май-июль влияет на ширину кольца и толщину стенок трахеид в ранней древесине, и температура воздуха и почвы в августе - сентябре влияет на ширину кольца и толщину стенок трахеид поздней древесины [9, 13, 14]. Однако тип леса определяется почвенными условиями, прежде всего глубина залегания грунтовых вод [11].

В районе исследований угол наклона поверхности не превышает  $2^\circ$ , что обуславливает слабое проявление кривизны поверхности. Поэтому наиболее важными геоморфометрическими параметрами являются экспозиция склона и профильная кривизна, которая является основой для расчета ФАР и АРСТ. Параметры рельефа ФАР и АРСТ, характеризующие распределение инсоляции, имеют высокую степень корреляции с толщиной стенки трахеи ранней древесины. Это подтверждает, что рельеф поверхности оказывает значительное влияние на перераспределение тепла и влаги и оказывает значительное влияние на структуру сосны в средней подзоне тайги.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по климату СССР. Выпуск 01. Архангельская и Вологодская области и Коми АССР. Часть 2. Осадки / Л.: Гидрометеиздат, 1965. 359 с.
2. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем / М.: Наука, 1988. 296 с.
3. Горячкин С.В., Глазов П.М., Кривопапов А.В., Мерзлый В.Н., Пучнина Л.В., Титова А.А., Туюкина Т.Ю. Роль литолого-геоморфологических факторов в продуктивности экосистем северной тайги Архангельской области // Известия российской академии наук. Серия географическая. 2010. №6. С. 96-99
4. Гопп Н. В. Исследование влияние рельефа на почвенно-растительный покров // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2012. Т.2. №3. С. 77-81
5. Hengl T., Reuter H.I. Geomorphometry – Concepts, Software, Applications // Amsterdam, Oxford, Elsevier. 2009. p. 772.
6. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. / А.А. Яценко-Хмелевский Л.: 1954. 337с.

7. Минеев А.Л., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В. Подготовка цифровой модели рельефа для исследования экзогенных процессов северных территорий Российской Федерации // ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ, 2015. № 3. С. 278–291.
8. Böhner J., AntoniĆ O. Land-surface parameters specific to topo-climatology // Developments in Soil Science. 2009. № 33. С. 195–226.
9. Мелехова Т.А. Формирование годичного слоя сосны в связи с лесорастительными условиями // Труды АЛТИ. 1954. Т. XIV. С. 123–138.
10. Мелехов В.И., Бабич Н. А., Корчагов С.А. Древесины сосны в культурах / Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. 110 с.
11. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника / Москва: издательство МГУ. 1988. 168с.
12. Данилов Н.И. Влияние насаждений различного состава и рубок ухода на температурный режим почвы // Лесное хозяйство. 1986. №8. С.18-20
13. Tardif J., Flannigan M., Bergeron Y. An analysis of the daily radial activity of 7 boreal tree species, northwestern Quebec // Environmental Monitoring and Assessment. 2001. № 67. p. 141–160.
14. Wooda L., Smitha D., Hartleyb I. Predicting softwood quality attributes from climate data in interior British Columbia, Canada // Forest Ecology and Management. 2016. № 361. p. 81–89.

#### **ПРОИСХОЖДЕНИЕ ФАУНЫ ШМЕЛЕЙ (HYMENOPTERA: APIDAE) ИСЛАНДИИ: ОЦЕНКА ГИПОТЕЗ НА ОСНОВЕ ФИЛОГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

*Г.С. Потанов, Ю.С. Колосова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, grigorij-potapov@yandex.ru

Исландия – североатлантический остров, фауна которого в основном имеет палеарктическое происхождение, притом здесь присутствует очень мало групп, которые прибыли из Неарктического региона. Большинство филогеографических исследований поддерживает гипотезу *tabula-rasa*, которая предполагает аллохтонное происхождение наземной фауны в Исландии со времен последнего оледенения [1]. Однако нельзя исключать возможность длительного выживания некоторых групп животных на этом острове [2]. В настоящем исследовании мы используем три вида шмелей (*Bombus jonellus*, *B. lucorum*, *B. hortorum*) в качестве модели для проверки гипотезы о возможном криптическом рефугиуме в Исландии [3]. Шмели являются подходящей моделью для биогеографических реконструкций, поскольку эти насекомые плохо приспособлены к миграции через большие водные барьеры [4].

*B. jonellus* считается принадлежащим к нативной исландской популяции, тогда как *B. lucorum* и *B. hortorum* были отмечены в островной фауне со второй половины XX века [5]. В целом, фауна шмелей Исландии включает семь видов [5]. *B. hypnorum*, *B. pascuorum* и *B. pratorum* появились здесь в начале XXI века. *B. terrestris* активно используется в качестве опылителя в теплицах и, возможно, стал натурализованным в стране [5].

Проведенный нами филогеографический анализ показывает, что исландский *B. jonellus* разделяется на две линии по COI, одна из которых также встречается в популяциях на Британских островах и в континентальной Европе, а вторая линия (VJ-02) нигде ранее не была зарегистрирована [3]. Полученные нами результаты показывают, что *B. jonellus* мог колонизировать Исландию два раза, при этом линия VJ-

02 может иметь более древнее, позднеплейстоценовое или раннеголоценовое происхождение (например, с Британских островов) [3]. Исландские популяции как *B. lucorum*, так и *B. hortorum* обладают линиями COI, которые широко распространены в Евразии, от европейских стран до Китая и Японии. Наши исследования показывают, что фауна шмелей Исландии включает широко распространенные линии, которые прибыли с Британских островов или с материковой Европы [3].

Результаты, полученные путем изучения исландских видов шмелей, хорошо соответствуют гипотезе *tabula-rasa*. Такая филогеографическая картина была обнаружена у нескольких других таксонов, что указывает на то, что фауны беспозвоночных на североатлантических островах имели послеледниковое аллохтонное происхождение [1].

*Исследования проведены в ходе выполнения программы ФНИР ФИЦКИА РАН № АААА-А18-118011690221-0.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bolotov I.N., Aksenova O.V., Bepalaya Y.V., Gofarov M.Y., Kondakov A.V., Paltser I.S., Stefansson A., Travina O.V., Vinarski M.V. Origin of a divergent mtDNA lineage of a freshwater snail species, *Radix balthica*, in Iceland: cryptic glacial refugia or a postglacial founder event? // *Hydrobiologia*. 2017. Vol. 787. № 1. P. 73–98.
2. Kornobis E., Pálsson S., Kristjánsson B.K., Svavarsson J. Molecular evidence of the survival of subterranean amphipods (Arthropoda) during Ice Age underneath glaciers in Iceland // *Molecular ecology*. 2010. Vol. 19. № 12. P. 2516–2530.
3. Potapov G.S., Kondakov A.V., Kolosova Y.S., Tomilova A.A., Filippov B.Y., Gofarov M.Y., Bolotov I.N. Widespread continental mtDNA lineages prevail in the bumblebee fauna of Iceland // *ZooKeys*. 2018. Vol. 774. P. 141–153.
4. Bolotov I.N., Kolosova Y.S., Podbolotskaya M.V., Potapov G.S., Grishchenko I.V. Mechanism of density compensation in island bumblebee assemblages (Hymenoptera, Apidae, *Bombus*) and the notion of reserve compensatory species // *Biology Bulletin*. 2013. Vol. 40. № 3. P. 318–328.
5. Prýs-Jones O.E., Kristjánsson K., Ólafsson E. Hitchhiking with the Vikings? The anthropogenic bumblebee fauna of Iceland – past and present // *Journal of Natural History*. 2016. Vol. 50. № 45–46. P. 2895–2916.

#### **РЕАКЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

*Н.А. Прожерина, Е.А. Пинаевская, Н.А. Рипинская, Ю.Е. Аганина, А.С. Пахов*  
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, prnad1@yandex.ru

Современное изменение климата является неоспоримым фактом, влияние которого затрагивают все компоненты живых экосистем. Причины наблюдаемых изменений являются предметом активной дискуссии ученых на протяжении последних десятилетий. Согласно оценочному докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата, повышение средней глобальной приземной температуры обусловлено антропогенным воздействием [1]. Рост концентрации углекислого газа является главной причиной антропогенного усиления парникового эффекта, увеличение содержания метана и закиси азота в атмосфере имеют меньшее значение.

Вследствие потепления, испарение с земной поверхности может существенно меняться, что будет приводить к изменению содержания водяного пара в атмосфере [2].

Наблюдаемое и изменение климата может оказать серьезное воздействие на лес, как многоуровневую систему, компоненты которой обладают разной степенью ответной реакции на климатические изменения [3]. Лесные экосистемы обладают высокой устойчивостью, дающей возможность им приспосабливаться к неблагоприятным условиям среды. В условиях северной Европы при отсутствии конкуренции между деревьями за свет и питательные вещества в редких древостоях, а также дефицита в обеспечении водой, температура является наиболее важным лимитирующим фактором [4]. Даже небольшие изменения температуры могут вызывать достаточно сильную ответную реакцию сдвигов сроков начала весеннего роста у деревьев сосны и увеличению продолжительности периода вегетации [5, 6]. Наряду с положительным воздействием, изменение климата влечет за собой и увеличение частоты экстремальных погодных условий, таких как сильные ветры и обильные снегопады, повреждающие деревья [7], увеличение числа вредителей древесных пород [8] и грибных заболеваний [9]. Возможно поэтому, несмотря на увеличение температуры и более благоприятные условия для вегетации, у сосны в северных условиях произрастания не происходит увеличения прироста диаметра ствола за последние 20 лет [10]. Долговременные исследования метаболических реакций у древесных растений могут дать ключ к пониманию процессов адаптации и возможности прогнозирования функционирования лесных экосистем в изменяющихся условиях среды.

Целью данной работы было проанализировать наши многолетние исследования по изучению состояния ассимиляционного аппарата хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и установить взаимосвязь содержания фотосинтетических пигментов хвои сосны обыкновенной с метеорологическими показателями: температурой воздуха, количеством осадков и облачностью.

В работе анализировались данные, полученные в начале каждого сезона вегетации в одни и те же сроки: конец мая – начало июня, период начала вегетации. Исследования проводились на пробных площадях, расположенных в сосняках кустарничково-сфагновых на небольшом удалении друг от друга (в радиусе 20 км) в Приморском районе Архангельской области. В анализ была взята хвоя прошлого года формирования. Климатические факторы оценивали по данным, находящимся в открытом доступе на сайтах: Северо-Евразийского климатического центра, Гисметео. В анализ были взяты следующие ежемесячные данные по метеостанции г. Архангельск: температура воздуха за период 1814 по сентябрь 2016, количество осадков за период с 1966 по сентябрь 2008 гг, облачность, оцениваемая в баллах от 1 до 4 (1 – ясно, 2 – малооблачно, 3 – облачно, 4 – пасмурно) за период с 2000 г. по сентябрь 2016 г.

Содержание пластидных пигментов (хлорофилл а, хлорофилл б, каротиноиды) определяли спектрофотометрически. Экстракцию пигментов осуществляли в 96% этаноле, оптическую плотность раствора измеряли на фотоколориметре КФК-3, концентрацию пигментов выражали в мг на 1 г сырого веса [11]. В работе проанализированы данные за четырнадцать вегетационных в период с 2000 по 2016 гг. Архангельской области. Зависимость параметров физиолого-биохимического состояния сосны обыкновенной от метеорологических факторов оценивалась на основании корреляционного анализа, однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа.

Анализ температурных данных за период 1814-2014 гг. показал уверенный тренд на увеличение среднегодовой температуры воздуха, что в целом совпадает с многочисленными литературными данными об увеличении температуры воздуха за последние два столетия в северном полушарии.

Данные по количеству осадков проанализированы за период с 1966 по 2008 гг. и показывают увеличение осадков в начале 21 века в сравнении с периодом второй половины 20 века, наибольшее увеличение произошло в зимний период – 17% и было менее выражено в летний и осенний периоды – 4%, в целом для вегетационного периода увеличение количества осадков в рассматриваемый период времени произошло на 9%. Что на фоне повышения температуры воздуха должно создавать более благоприятные условия для вегетации растительности на севере.

Показатели по облачности оценивались только за период 2000-2014 гг. и не показали достоверных различий в рассматриваемый период, среднегодовые значения облачности изменялись в пределах 2,8-3,5 баллов. Анализ данных по сезонам показывает максимальную облачность в осенний период и минимальную летом, данные по облачности вполне ожидаемо положительно коррелируют с количеством осадков ( $r=0,65\pm 0,15$ ) и не зависят от температуры воздуха.

Температурной режим, главным образом наблюдаемое потепление, является одним из ключевых параметров изменяющих климатических условий, которое может отразиться на уровне метаболических процессов растений.

Изменения в содержании фотосинтетических пигментов за период исследования показаны на рисунке 1.

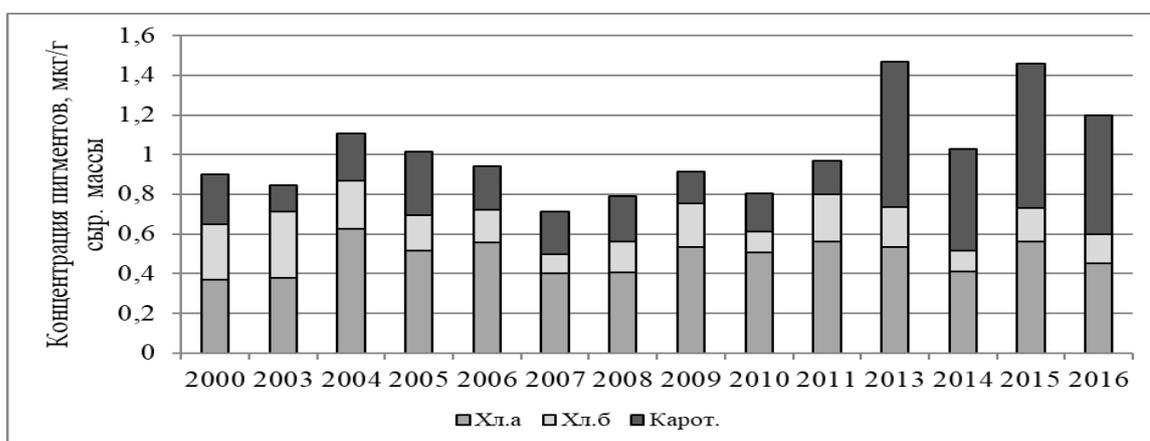


Рис. 1 – содержание пластидных пигментов (хлорофилла а, хлорофилла б, каротиноидов) в однолетней хвое сосны, 2000-2016 гг.

Сопоставление результатов проведенных полевых исследований с метеорологическими данными показывают увеличение содержания каротиноидов в хвое сосны с ростом температуры воздуха, коэффициент корреляции составил  $0,83\pm 0,16$  для среднегодового значения температуры, предшествующей сезону вегетации,  $0,75\pm 0,19$  и  $0,68\pm 0,21$  для начального периода вегетации, времени отбора проб полевого материала (Табл. 1). Содержание хлорофиллов а и б в однолетней хвое сосны напротив снижалось с ростом температуры.

Таблица 1 — Значения коэффициента корреляции метеорологических факторов и содержания пластидных пигментов (\*– уровень значимости коэффициента выше 0,05)

Показатель	Хлорофилл а	Хлорофилл б	Каротиноиды	Хлорофиллы	Сумма пигментов
Среднегодовые значения					
Температура, С°	-0,054	-0,103	0,835*	-0,789*	-0,206
Осадки, мм	-0,660*	-0,261	-0,333	-0,104	-0,574
Облачность, балл	-0,318	0,036	-0,440	0,322	-0,068

Показатель	Хлоро-филл а	Хлоро-филл б	Кароти-ноиды	Хлоро-филлы	Сумма пигментов
1 балл облачности	0,209	-0,089	0,471	-0,392	-0,009
2 балл облачности	0,265	-0,014	0,231	-0,170	0,050
3 балл облачности	0,174	0,161	-0,482	0,558*	0,291
4 балл облачности	-0,261	0,040	-0,296	0,219	-0,047
Начало вегетации (май-июнь)					
Температура, С°	0,400	-0,159	0,754*	-0,561*	0,095
Осадки, мм	-0,434	-0,522*	-0,276	0,045	-0,340
Облачность, балл	-0,243	-0,070	-0,614*	0,499	-0,012
1 балл облачности	0,270	0,128	0,624*	-0,497	0,027
2 балл облачности	0,348	-0,032	0,505	-0,387	0,049
3 балл облачности	0,131	0,274	-0,703*	0,744*	0,314
4 балл облачности	-0,319	-0,200	-0,411	0,300	-0,078

Результаты однофакторного дисперсионного анализа в целом соотносятся с корреляционным анализом влияния температуры воздуха на показатели физиолого-биохимического состояния ассимиляционного аппарата сосны (Табл. 2). Так, содержание каротиноидов в однолетней хвое сосны достоверно зависело от изменения температуры во все рассмотренные периоды, данная зависимость была выражена сильнее всего в начале периода вегетации на уровне значимости критерия Фишера 0,017.

Известно, что уровень освещенности влияет на величину содержания фотосинтетических пигментов, теневые листья имеют, как правило, повышенную концентрацию пластидных пигментов преимущественно в светособирающем комплексе, включающем, в том числе, хлорофилл б и каротиноиды. Нами не было обнаружено взаимосвязи между содержанием хлорофиллов и облачностью, в то время как количество каротиноидов в хвое сосны уменьшалось с увеличением облачности  $r = -0,61 \pm 0,22$  в начальный период вегетации. Если рассмотреть не усреднённые данные по баллам облачности, а количество ясных и пасмурных дней, то зависимость также выражена больше для каротиноидов  $r = 0,62 \pm 0,22$  для ясных дней и  $r = -0,58 \pm 0,23$  для пасмурных. Результаты однофакторного дисперсионного анализа выявили зависимость содержания каротиноидов в хвое сосны от усредненного показателя облачности в течение всего рассматриваемого нами периода на уровне значимости 0,017-0,042. Это может являться свидетельством компенсирующей реакции светособирающего комплекса на недостаток освещенности с повышением облачности.

Таблица 2 — Уровень значимости критерия Фишера по результатам однофакторного дисперсионного анализа влияния метеорологических факторов на содержание пластидных пигментов в хвое сосны обыкновенной

	Хлоро-филл а	Хлоро-филл б	Кароти-ноиды	Хлоро-филлы	Сумма пигментов
Среднегодовые значения					
Температура, С°	0,337	0,360	0,045	0,089	0,851
Осадки, мм	0,035	0,066	0,816	0,445	0,063
Облачность, балл	0,581	0,426	0,017	0,025	0,574
Начало вегетации (май-июнь)					
Температура, С°	0,581	0,426	0,017	0,025	0,574
Осадки, мм	0,090	0,405	0,696	0,610	0,112
Облачность, балл	0,581	0,426	0,017	0,025	0,574

Увеличение количества осадков привело к изменениям в пигментном комплексе сосны: понизилось содержание хлорофилла а и каротиноидов, что привело к суммарному снижению концентрации пластидных пигментов в разные рассматриваемые нами периоды вегетации.

Однофакторный дисперсионный анализ показывает изменения в пигментном комплексе, затрагивающем преимущественно содержание хлорофиллов.

Исследования взаимосвязи метеорологических факторов с содержанием фотосинтетических пигментов в хвое сосны обыкновенной, за 17 лет наблюдений позволяют сделать вывод о том, что комплекс фотосинтетических пигментов оказался лабильным при изменении метеоусловий, главным образом температуры воздуха, и отразился на содержании каротиноидов, непосредственно не принимающих участие в фотосинтезе, но выполняющих важную функцию светосбора видимого света разной длины волны.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания (№ 0409-2015-0141).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1131 p.
2. Семенов С.М., Попов И.О. Сравнительные оценки влияния изменения концентрации диоксида углерода, метана, закиси азота и водяного пара на радиационно-равновесную температуру земной поверхности // Метеорология и гидрология. 2011. № 8. С. 34-44.
3. Цветков В.Ф., Чибисов Г.А. Проблемы лесоведения на Европейском Севере // Лесоведение. 1993. № 5. С. 11-18.
4. Matías L., Linares J.C., Sánchez-Miranda Á., Jump A.S. Contrasting growth forecasts across the geographical range of Scots pine due to altitudinal and latitudinal differences in climatic sensitivity // Global Change Biology. 2017. Vol. 23 (10), P. 4106-4116.
5. Høgda K.A., Tømmervik H., Karlsen S.R. Trends in the start of the growing season in Fennoscandia 1982–2011 // Remote Sensing. 2013. Vol. 5. P. 4304-4318.
6. Salminen H., Jalkanen R. Modelling of bud break of Scots pine in northern Finland in 1908–2014. // Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6(104). P. 1-7.
7. Gregow H., Peltol H., Laapas M., Saku S., Venäläinen A. Combined occurrence of wind, snow loading and soil frost with implications for risks to forestry in Finland under the current and changing climatic conditions // Silva Fennica. 2011. Vol. 45(1). P. 35-54.
8. Tudoran M.M., Marquer L., Jönsson A.M. Historical experience (1850–1950 and 1961–2014) of insect species responsible for forest damage in Sweden: Influence of climate and land management changes // Forest Ecology and Management. 2016. Vol. 381. P. 347-359.
9. Чебакова Н.М., Кузьмина Н.А., Парфенова Е.И., Сенашова В.А., Кузьмин С.Р. Оценка климатических границ ареала шотте обыкновенного при изменении климата в средней Сибири // Сибирский экологический журнал. 2016. Т. 23. № 6. С. 855-865.
10. Franke A.K., Bräuning A., Timonen M., Rautio P. Growth response of Scots pines in polar-alpine tree-line to a warming // Forest Ecology and Management. 2017. Vol. 399. P. 94-107.
11. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биологические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154-170

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ НАРУШЕНИЙ СТАБИЛЬНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОЛАРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО МОРЯ)

Л.А.Сергиенко<sup>1</sup>, Т.Ю. Дьячкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, saltmarsh@mail.ru

За последние 50 лет температура в Арктике повышается почти в два раза быстрее, чем в среднем по миру. Некоторые арктические территории и виды живых существ уже испытывают на себе последствия изменения климата, которое быстро становится основной угрозой жизнеспособности экосистем Арктики [1]. Приморские экосистемы арктических морей являются участками земной поверхности, где происходит наиболее активный рост биомассы растений и животных (продуктивность), а также отмечается максимальное разнообразие живых организмов и среды их обитания. Приморские экосистемы могут приспосабливаться к внешним воздействиям и нарушениям, не меняя радикальным образом свою самобытность или способ функционирования, в случае даже если некоторые виды растений и животных в пределах данных экосистем меняются. Приморские экосистемы обладают «упругой устойчивостью», которая означает, что экосистемы, располагающие локальными источниками исключительной продуктивности и биоразнообразия, лучше других способны переносить экологические флуктуации и разнообразные и сильные воздействия.

Комплексная оценка устойчивости и уязвимости приморских экосистем основывалась на представлениях об их структурно-функциональных особенностях и проводилась, исходя из таких абиотических и биотических характеристик, как тип почвы, относительное положение биотопа в приливной зоне. В оценку приморских экосистем включены такие параметры как соотношение видов растений различных жизненных форм в приморских растительных сообществах, видовая насыщенность и мозаичность растительного покрова, сезонная и многолетняя динамика приморской растительности, соотношение эколого-ценотических групп и биогеографических элементов.

В 2015 – 2016 гг. для изучения рисков нарушений устойчивости приморских экосистем были выбраны уникальные природные комплексы западного побережья Белого моря. 1) Томболо, или перейма в устье реки Колежма (наблюдения были проведены первый раз в 2000 г. потом были повторены в 2010 г.) – пересыпь, соединяющая остров с материком и возникающая в результате ослабления энергии волнового поля, которое перемещает береговые наносы. Томболо (перейма) образуется как бы в ветровой тени острова. 2) Меромиктический водоем – озеро, ранее бывшее морской лагуной, в настоящий момент связь с акваторией моря утрачена. Расположено в губе Лебяжья, в эстуарии реки Кереть на западном побережье Белого моря.

Томболо расположено между коренным берегом и о. Лопский. Длина томболо – около 2 км. Основной субстрат – илистый суглинок, перекрытый аллювиальными илистыми отложениями в центральной части томболо и песчаными по речному и лагунному берегам. Основные изменения растительного покрова, происшедшие на этой территории, начиная с 2000 г., связаны с изостатическим поднятием берега Белого моря и с усиленным антропогенным влиянием (в 2011 г. на острове Лопский была построена база отдыха, что значительно изменило условия существования такой геоморфологической формы рельефа, как томболо). Со стороны устья реки Колежма, где раньше был естественный (высота до 2 м от линии уреза воды) песчано-галечный вал, покрытый псаммофитной растительностью (*Leymus arenarius*, *Honckenya diffusa*,

*Mertensia maritima* с обилием от 15 до 30%) была произведена отсыпка дорожного полотна (высота 3м), что нарушило естественный контакт внутренней части томболо с осолоняемым устьем реки Колежма.

Томболо состоит из трех частей – центральная часть, где отмечаются бывшие русла проток и днища небольших бессточных засоленных депрессий, и краевые части томболо к устью реки и к лагунной стороне томболо. Растительность на томболо представлена сообществами с *Festuca rubra* и *Carex mackenziei* у коренного берега, группировками *Salicornia europaea* на бессточных центральных ровных поверхностях, осоково-злаковыми сообществами на задернованных руслах бывших высохших водотоков и разнотравно-злаковыми сообществами на более высоких ровных участках томболо с доминированием *Triglochin maritima*, *Spergularia marina*, *Potentilla egedei*, *Puccinellia maritima*. В центральной части томболо увлажнение застойное, в береговой части обильное. Среднее проективное покрытие растений – ближе к берегам до 90 %, в центре – 50–60 %.

#### **Общее описание динамики растительности на томболо.**

Заращение центральной части томболо начинается с эндемика Белого моря *Salicornia europaea* (20%), а конечные стадии завершаются внедрением эвгалофитов из злаков и осок: *Triglochin maritima* (10%) + *Salicornia europaea* (8%). Сообщество на более высоких участках томболо с доминированием *Triglochin maritima*, *Stellaria humifusa*, *Spergularia marina*, *Salicornia europaea*, *Potentilla egedei*, *Puccinellia maritima*, *Carex subspathacea* (Общее Проективное Покрытие - ОПП 30%) окаймляет большие бессточные площади с *Salicornia europaea*, указывая пути нахождения бывших временных водотоков. В зависимости от расположения бессточных площадей на территории марша, конечные стадии заращения различны. Ближе к морю заращение бессточных площадей заканчивается сообществом: *Spergularia marina* + *Salicornia europaea* + *Triglochin maritima* + *Agrostis straminea* (ОПП 50%). Ближе к коренному берегу, где происходит подтопление пресными грунтовыми водами с окружающих маршевый участок болот, доминирует сообщество - *Triglochin maritima* + *Bolboschoenus maritimus* + *Phragmites australis* (ОПП 40%).

При повторных геоботанических описаниях тех же пробных площадей, что и в 2000 г., в 2010, 2015 гг. были отмечены следующие изменения – представительные и хорошо заметные эвгалофитные, евразийские бореальные виды *Plantago maritima*, *Triglochin maritima* и *Tripolium vulgare*, создающие своеобразный облик приморской растительности в устьевой и лагунной частях томболо, отходят на второй план, не аспектируя в сообществах, уступая эту роль таким мезогалофитным видам, как, *Sonchus humilis*, *Alopecurus arundinaceus*. Сообщества с участием *Juncus gerardii* ssp. *aterofuscus*, *Festuca rubra* начинают аспектировать в центральной части марша, иногда создавая кочкарный микрорельеф. Бореальный европейский вид – *Puccinellia maritima*, усиливает свое доминирование в центральной части томболо, замещая на иловато-глинистом субстрате на бессточных илистых площадях с такырообразными трещинами однолетник *Salicornia europaea*. Также, если в 2000 г. в описаниях растительности *Phragmites australis* был отмечен с обилием 10-15%, то в 2015 г. площадь, которую он занимает, увеличилась в 4-5 раз, одновременно с уменьшением обилия и проективного покрытия в небольших соленых лужицах в центральной части томболо эвгалофитного вида *Hippuris tetraphylla*.

Самые сильные нарушения отмечаются в зоне возведения дорожного полотна. Здесь произошла деградация псаммофитного растительного покрова, предохранявшего внутреннюю часть томболо от волновой эрозии. Остатки краевых участков дороги практически лишены растительности, оголены, небольшие группировки *Alopecurus arundinaceus* и *Leymus arenarius* низкие, разреженные, на этих участках встречается однолетник *Atriplex patula* с проективным покрытием до 40%.

Основные изменения приморской растительности на томболо сводятся к следующему: расширилась площадь сообществ на томболо с доминированием бореальных европейских и евроазиатских видов, увеличилась площадь сообществ из *Salicornia europaea* на илистых бессточных площадях на томболо, произошла деградация осоково-злаковых сообществ на илистых осушках томболо, не выносящих подтопления и затопления, появились значительные площади микроценозов гигрофитов (*Phragmites australis*) в экотонной зоне от коренного берега к центральной части марша на томболо (рис.1).

**Прогноз изменений, которые будут происходить на томболо.** Поскольку структура приморской растительности, которая наиболее чутко реагирует на абиотические факторы среды, экологически обусловлена такими основными обстоятельствами, как периодическое заливание морской водой и наличие примитивных маршевых почв, то изменяющиеся гидрологические и химические условия оказываются решающими для дифференциации и определенного пространственного расположения сообществ. При изменении условий существования приморских растений те виды, которые выносили высокое осмотическое давление в почвенном растворе, будут исключаться из растительных сообществ и в сообществах будут доминировать толерантные к засолению виды и это изменение будет происходить гораздо быстрее, чем при естественных сукцессионных сменах сообществ. На локальной территории, какой является томболо в окрестностях села Колежма, ранее наименее вовлеченной в сферу деятельности человека, существующая здесь приморская экосистема нарушена при строительстве дороги. Взамен утраченных элементов приморского ценоза, активизировались новые флористические комплексы, основу которых составляют "сорные" виды (*Atriplex patula*) и виды-космополиты (*Phragmites australis*), мирящиеся с присутствием человека, охотно использующие кормовые и защитные условия, предоставляемые индустриализацией.

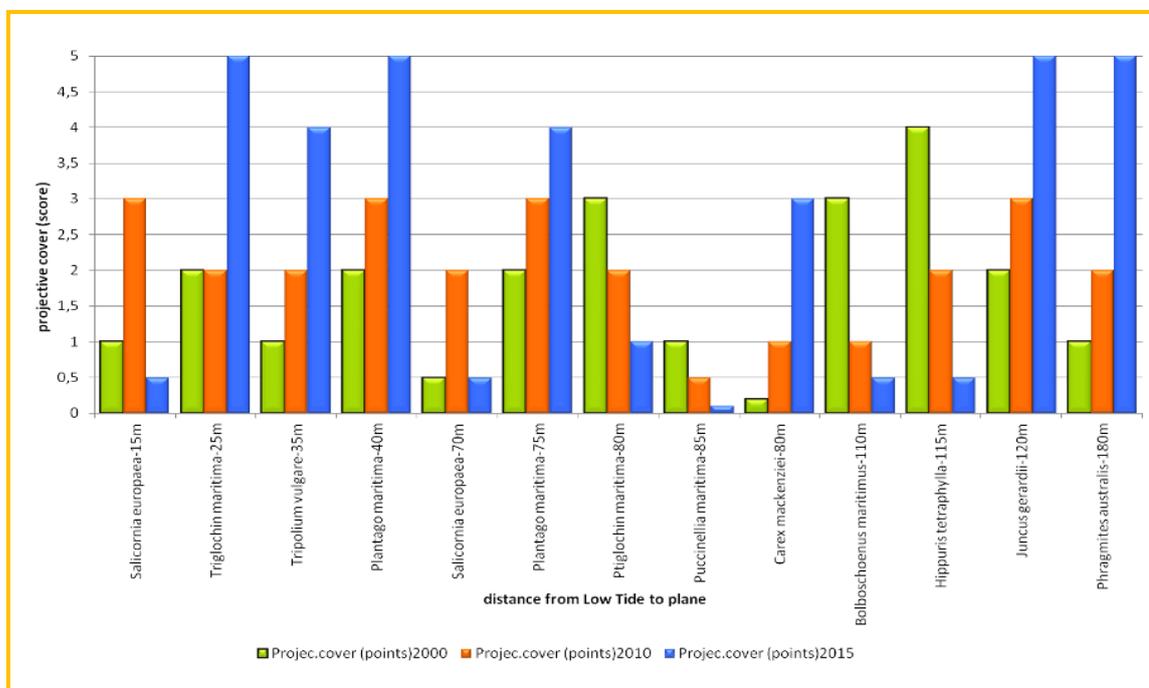


Рис. 1 – Мониторинг эколого-динамических рядов приморской растительности на томболо, устье реки Колежма, Беломорский район (2000 г, 2010г., 2015г.)

Поскольку каждое сообщество характеризуется лимитированным числом видов, то дальнейшая колонизация и дальнейший прогноз развития этой экосистемы будет

заключаться в том, что элиминация ранее существующих в данных сообществах видов будет происходить в зависимости от конкурентоспособности и экологической пластичности каждого вида. При иммиграции быстро расселяющиеся виды будут стабилизироваться первыми, а влияние флюктуаций уровня воды, совместно с изменениями в нестабильной прибрежной среде, обусловят быструю дифференциацию этих растений в экотопах и вызовут нео-эндемизм. Поэтому нарушения, производимые человеком в результате хозяйственной деятельности, будут в 2-3 раза сильнее и быстрее сказываться на приморской растительности, чем на плакорной.

## 2) Меромиктический водоем.

Меромиктический водоем (ММВ) – небольшое (70 м в ширину и 130 м в длину) озеро, расположенное в 100 м от горла входа в губу Лебяжья, представляет собой промежуточную стадию отторжения небольшого участка бывшей лагуны от основной акватории губы Лебяжья. Ранее на этом месте был узкий морской пролив между материком и небольшим островом, с порогами на входе и выходе. В настоящее время пополнение озера пресной водой осуществляется преимущественно во время таяния снега, а проникновение в озеро морской воды происходит эпизодически во время сизигийных приливов, а также особо сильных нагонных ветров. Экосистема меромиктического водоёма испытывает серьезные естественные биотические нарушения, поскольку в ходе отторжения такого водоема происходят определенные изменения в прибрежных и водных сообществах. На смену морской биоте, существовавшей в большей по размеру акватории губы, в меньший отделяющийся водоем приходит комплекс видов, способных обитать в широком диапазоне солености, в том числе организмы, характерные для эстуариев, а если дно водоема ровное, то на берегах такого водоема формируется специфическая приморско-болотная растительность [2].

Своим появлением меромиктический водоем обязан изостатическому поднятию суши, которое началось 12 тысяч лет назад после схода ледника, и продолжается по сей день со скоростью около 4–5 мм в год. В этом водоеме практически отсутствует циркуляция воды между слоями различной минерализации, разделёнными так называемым хемоклином, вследствие чего вода нижнего слоя, более минерализованная и плотная, чем в верхнем слое. Наиболее интересной биологической особенностью таких водоемов является интенсивное развитие процессов сульфатредукции в нижних слоях водной толщи и участие фото- и хемотрофных бактерий в продукции органического вещества с необычным изотопным составом углерода.

Меромиктический водоем губы Лебяжья является классическим примером естественного абиотического влияния на прибрежные экосистемы, заключающегося в изостатическом поднятии берега и изменении условий существования растений на приморской полосе.

**Описание прибрежной растительности.** Прибрежная растительность окаймляет меромиктический водоем полосой шириной от 15 – 20 м на берегах до 25 – 30 м в кутовой части водоема. Визуально, от экотонной опушечной растительности, по характеру растительности и структуре почвенного слоя, прибрежная полоса была поделена на 3 зоны. **Зона 1** – шириной 0–3 м. Зона 1 начинается от края опушки, где ближе к коренному берегу растет *Juniperus communis*, *Betula pendula*, в травяно-кустарничковом ярусе отмечается с незначительным обилием *Empetrum nigrum*. Здесь также встречаются *Agrostis straminea* (15%), *Festuca ovina* (10%), *Plantago maritima* (30%), *P. schrenkii* (5%), *Triglochin matitima* (10%) с простертыми побегами в рыхлом клоне, *Juncus gerardii* ssp. *atrofuscus* (15%), *Potentilla egedii* (5%). Надо отметить, что оба вида подорожника – *P. maritima* и *P. schrenkii* растут в небольшом понижении, шириной 3–4 м вдоль берега по всему периметру водоема. Зона 2 – как зона 1 шириной от 4 м (от нижней границы зоны 1) до 7 м, перпендикулярно к акватории водоема – представляет собой небольшое повышение (высотой до 15–20 см), скорее всего, это старый песчаный вал, перекрытый более свежими аллювиально-делювиальными

отложениями, потоки которых работали во время формирования меромиктического водоема. Сообщество (ОПП – 90%) на этом валу многоярусное, 1 ярус представлен *Festuca ovina* (30%), *Juncus gerardii* ssp. *atrofuscus* (3%), *P. egedii* (2%), *Triglochin palustre* (5%), *Agrostis straminea* (5%), *P. schrenkii* (5%), а *T. maritima* (20%) – имеет пониженную жизненность. После небольшого песчаного вала (перпендикулярно к зеркалу водоема) располагается **зона 3** (от нижней границы 2 зоны до водной границы зеркала водоема) – шириной 7–15 м. Ближе к берегу водоема (1–2 м до линии уреза воды), полосой 3–4 м, встречается сообщество *Heleocharis uniglumis* (40%). Непосредственно берег водоема окаймлен сообществом *Hippuris tetraphylla* (20–50%), шириной в широких частях до 2–3 м, в узких – 1–2 м. Высота водяной сосенки (надводная часть – 20–30 см, погруженная часть – до 70 см).

Заращение берегов меромиктического водоема (ММВ) осуществляется укореняющимся гигрофитом *Hippuris tetraphylla*, образующего сплаvinу в зеркало водоема, т.е. происходит быстрое плавное неотвратимое затягивание зеркала ММВ, что может привести к его заболачиванию. Наличие в структуре прибрежной растительности ММВ с большим проективным покрытием таких видов, как *Festuca ovina* (30%), *Juncus gerardii* ssp. *atrofuscus*, может косвенно свидетельствовать о постоянных подтоках солоноватых или даже пресных грунтовых вод из ММВ и быть предпосылкой для формирования в ближайшем будущем на месте маршевой зоны осоково-моховых пресноводных болот.

В данном случае нарушен основной принцип существования приморских экосистем – основное функционирование приморских систем в переменной среде возможно лишь при условии нахождения их в колебательном режиме, а колебательный режим исчез из-за резкой смены условий их существования. Приморские виды сосудистых растений отреагировали на это изменением видового состава и соотношением жизненных форм. Даже, несмотря на то, что в условиях приливно-отливной зоны устойчивость приморских экосистем все-таки может поддерживаться за счет компенсированного повышения качественного разнообразия, отражающего сложность взаимодействий между различными компонентами сообщества [3,4]. В данном случае это разнообразие уходит в сторону формирования на приморской территории меромиктического водоема с многочисленными «микроншами» особых приморско-болотных экосистем, уклоняющихся в своем развитии в сторону формирования не приморских маршей, а осоково-моховых пресноводных болот и это есть только однонаправленное развитие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котляков В.М., Тишков А.А. Стратегия устойчивого развития: этика географического подхода // Вестник РАН, 2009. №11. С 963-970
2. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес // Природа. М.: Наука. 2013. №2. С. 39-48.
3. Sergienko L., Minayeva T., Uspenskaya O. Structure and dynamics of coastal wetlands of the Russian Arctic. In Symposium “Marsh succession, management and climate change. Poster session. P. 177 – 178 // The 10th INTECOL International Wetlands Conference. Hotspots of Biodiversity and Ecosystem Services under Global Changes. September 19-24, 2016. Changshu China.
4. Сергиенко Л.А. Флора и растительность побережий Российской Арктики и сопредельных территорий. Петрозаводск, 2008. 225 с.

## МОЛЛЮСКИ В ЗООБЕНТОСЕ ОЗЕР АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ И ОСТРОВА ВАЙГАЧ

С.Е. Соколова<sup>1</sup>, Ю.В. Беспалая<sup>1,2</sup>, О.В. Аксенова<sup>1,2</sup>, В.М. Спицын<sup>1,2</sup>, А.Р. Шевченко<sup>1,2</sup>,  
О.В. Травина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, svetlasokolova@yandex.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

В настоящее время биоразнообразие пресноводной фауны арктических островов по причине их труднодоступности изучено недостаточно [1, 2, 3]. Бентосные организмы нередко являются главной составляющей продуктивности пресноводных экосистем и способствуют их нормальному функционированию [4, 5]. Роль бентосных сообществ, особенно важна в арктических пресноводных экосистемах, которые нередко оцениваются как малопродуктивные, поскольку обычно характеризуются простыми цепями питания с низким видовым разнообразием (McDonald et al. 1996; Sierszen et al., 2003) [6, 7].

В ходе полевых работ 2010-2017 гг. в озерах на о. Вайгач и Новая Земля было выявлено 13 таксономических групп беспозвоночных. В целом список видов, с учетом литературных данных составляет около 117 видов. Доминирующими таксонами в фауне изучаемых озер являются виды с голарктическим и палеарктическим ареалом.

Установлено, что фауна пресноводных моллюсков архипелага Новая Земля включает 3 вида, а острова Вайгач - 11 видов [8, 9].

В озерах архипелага Новая Земля выявлено три вида моллюсков – это *Pisidium globulare* P. *conventus* (Clessin, 1877) и *P. waldeni* (Kuiper, 1975) [8, 10, 11]. В водоемах острова Вайгач с учетом литературных данных и оригинальных исследований отмечены *P. globulare* (Westerlund, 1873), *P. casertanum* (Poli, 1791), *P. subtruncatum* Malm, 1855, *P. dilatatum* Westerlund, 1897, *P. lilljeborgi* Esmark & Hoyer, 1886, *Sphaerium* sp., *Stagnicola palustris* (O. F. Müller, 1774), *Armiger crista* (Linnaeus, 1758), *Gyraulus albus* (O.F. Müller, 1774), *G. acronicus* (Ferussac, 1807) и *Anisus leucostoma* (Millet, 1813) [2, 12].

Полученные данные позволили дополнить информацию о видовом разнообразии малоизученных таксонов пресноводных беспозвоночных архипелага Новая Земля и острова Вайгач и могут быть использованы в будущих экологических и природоохранных исследованиях.

*Исследования проведены в ходе выполнения темы государственного задания (№ АААА-А17-117033010132-2), проектов Президиума УрО РАН (№ 0409-2018-0148), РФФИ (№ 17-44-290016), РНФ (№19-14-00066) и Арктического Плавучего Университета САФУ.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kuiper J.G.J., Økland K.A., Knudsen J., Koll L., Proschwitz T., Valovirta I. Geographical distribution of the small mussels (Sphaeriidae) in North Europe (Denmark, Faroes, Finland, Iceland, Norway and Sweden) // *Annales Zoologici Fennici*. 1989. № 26. P. 73–101.
2. Беспалая Ю. Molluscan fauna of an Arctic lake is dominated by a cosmopolitan *Pisidium* species // *Journal of Molluscan Studies*. 2015. № 81. P. 294–298.
3. Лоскутова О.А., Кононова О.Н. Гидробиологическая характеристика тундровой реки восточно-европейского Арктического региона // *Известия Коми НЦ УрО РАН*. 2015. № 4. С. 38-51.

4. Heino J. Functional biodiversity of macroinvertebrate assemblages along major ecological gradients of boreal headwater streams // *Freshwater Biology*. 2005. № 50. P. 1578-1587.
5. Sousa R., Parri M., Souza A.T., Antunes C., Guilhermino L. Rapid decline of the greater European peacocks at the periphery of its distribution // *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*. 2011. № 47. P. 211-219.
6. Sierszen ME, McDonald ME, Jensen DA (2003) Benthos as the basis for arctic lake food webs. *Aquat Ecol* 37:437–445.
7. McDonald ME, Hershey AE, Miller MC (1996) Global warming impacts on lake trout in arctic lakes. *Limnol Oceanogr* 41:1102–1108.
8. Bespalaya Y.V., Bolotov I.N., Aksenova O.V., Kondakov A.V., Spitsyn V.M., Kogut Y.E., Sokolova S.E. Two *Pisidium* species inhabit freshwater lakes of Novaya Zemlya Archipelago: the first molecular evidence // *Polar Biology*. 2017. № 40. P. 2119-2126.
9. Bespalaya Y., Joyner-Matos J., Bolotov I., Aksenova O., Gofarov M., Sokolova S., Shevchenko A., Travina O., Zubry N., Aksenov A., Kosheleva A., Ovchinnikov D. Reproductive ecology of *Pisidium casertanum* (Poli, 1791) (Bivalvia: Sphaeriidae) in Arctic lakes // *Journal of Molluscan Studies*. 2019. № 85. P. 11–23.
10. Odhner N.H. Mollusca *Pisidium conventus* Clessin (P. clessini Surbeck, partum) / Report of the scientific results of the Norwegian expedition to Novaya Zemlya 1921. 6th edn. Kristiania, 1923. P. 3–6.
11. Сидоров С.А. К вопросу о пресноводных моллюсках рода *Pisidium* на Новой Земле // *Труды Плавучего морского научного института*. 1925. № 12. С. 103-104.
12. Лешко Ю.В., Фефилова Е.Б., Батурина М.А., Хохлова Л.Г. Водные беспозвоночные островов Вайгач и Долгий // *Труды Коми научного центра УрО РАН*. 2008. № 184. С. 102-117.

#### **ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (BIVALVIA: UNIONIDAE) НА ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ**

А.А. Томилова<sup>1</sup>, Е.С. Коноплева<sup>1,2</sup>, А.В. Кондаков<sup>1,2</sup>, И.В. Вихрев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, tomilova\_aliona@mail.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск.

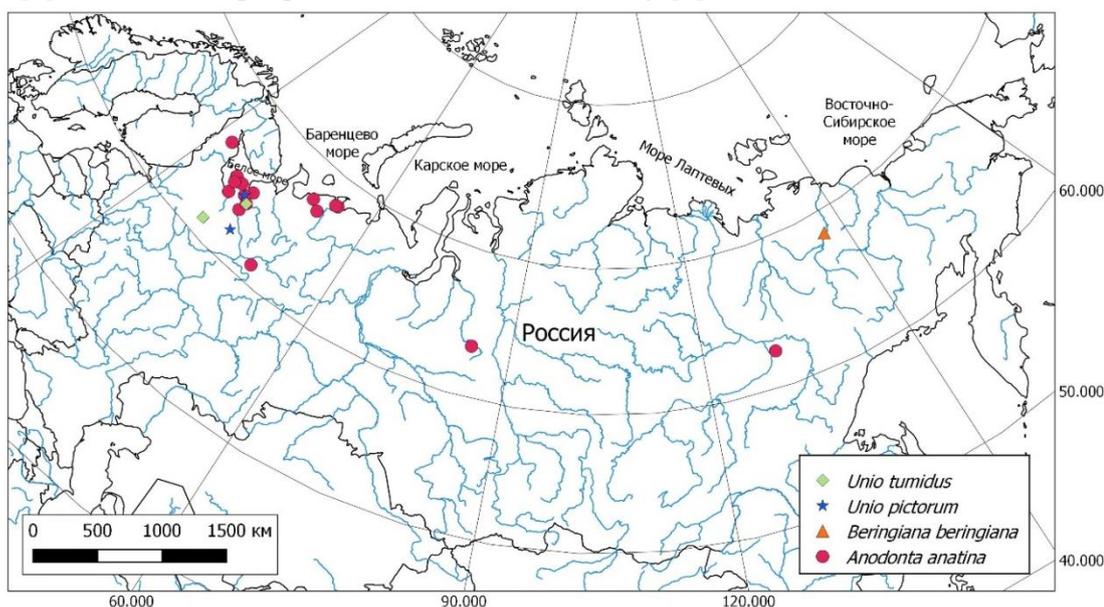
Российская Арктика и приарктические территории представляют собой важный район, где сосредоточены значительные запасы природных ресурсов, которые в настоящее время интенсивно разрабатываются и используются. Такая деятельность в значительной мере способствует усилению антропогенной нагрузки на и без того хрупкую природную среду. В особенности это касается водных экосистем [1]. Известно, что на приарктических территориях сформировались уникальные пресноводные сообщества, среди представителей которых важное место занимают двустворчатые моллюски семейства Unionidae. Эти организмы являются важными элементами природных экосистем, выполняя роль средообразователей и биофильтраторов водоемов, а также служат частью питания рыб и птиц [2, 3]. Вместе с тем они считаются одной из наиболее уязвимых групп среди пресноводных животных по всему миру, и очень чувствительны к любому воздействию, и даже небольшие источники загрязнения могут повлечь за собой исчезновение уникальных генетических линий [3, 4].

В связи с этим, важным представляется изучение генетического разнообразия унионид, анализ пространственного распределения этого разнообразия, а также выявление уникальных генетических линий. Кроме того, использование современных молекулярных методов позволит уточнить видовой состав унионид на приарктических территориях Российской Федерации.

Для проведения исследования образцы Unionidae были отобраны из различных пресных водоемов, относящихся к речным бассейнам морей Северного Ледовитого океана (Северная Двина, Онега, Печора, Таз, Индигирка и др) (Рис.1).

Для оценки генетического разнообразия унионид были использованы три молекулярных маркера: два митохондриальных (фрагменты генов, кодирующих белок цитохром с-оксидазу I субъединицу – COI и большую субъединицу рРНК – 16S рРНК) и один ядерный ген (фрагмент гена, кодирующего большую субъединицу рРНК – 28S рРНК). Нуклеотидные последовательности данных маркеров были получены для 39 образцов моллюсков. Для анализа также были использованы сиквенсы из международной генетической базы NCBI Genbank. Представители семейства Margaritiferidae были использованы в качестве аутгруппы.

Филогенетический анализ был проведен с использованием двух методов: метода максимального правдоподобия (maximum-likelihood; ML) и вероятностного метода Байеса (bayesian inference; BI). Наиболее подходящая эволюционная модель для каждого исследуемого гена была рассчитана на основе Байесовского информационного критерия (BIC) в ModelFinder [5]. Белок-кодирующий ген COI был проанализирован в соответствии со сдвигом рамки считывания. ML-анализ был проведен с использованием сервера IQ-TREE (W-IQ-TREE) со сверх-быстрым бутстреп-анализом (Ultra-fast bootstrap) [6]. Анализ BI-методом был осуществлен в программе MrBayes 3.2.6 [7] на онлайн сервере CIPRES Science Gateway [8].



Примечание – На карту нанесены только точки сбора тех образцов, для которых были получены нуклеотидные последовательности

Рис. 1 – Точки сбора пресноводных двустворчатых моллюсков

В результате проведенных исследований было выявлено, что на приарктических территориях обитают четыре вида унионид: *Anodonta anatina* (триба Anodontini), *Beringiana beringiana* (триба Cristarini), *Unio pictorum* и *Unio tumidus* (триба Unionini) (Рис. 2). Все клады получили высокие поддержки как при расчете BI, так и ML-методом (значения байесовской апостериорной вероятности BPP / поддержки бутстрепа BP >95%, обозначены возле узлов на филогенетическом дереве, Рис. 2).

На основе анализа трех молекулярных маркеров было выявлено, что среди представителей *Anodonta anatina* приарктических территорий имеются пять гаплотипов (Рис. 2). Среди них по гену COI два являются уникальными и встречаются только в месте сбора. Это образцы из Пачозера, Мезенский район (АноАна4) и озера Соленое, Онежский район (АноАна5), отличающиеся от всех других представителей вида одной заменой (299 А для АноАна4 и 632 G для АноАна5). Гаплотип из реки Кереть, Карелия (АноАна3) по гену COI аналогичен широко распространенному АноАна1, но при этом является уникальным по участку 16S рРНК, имея одну замену (342 А). Все редкие генетические линии *A. anatina* были обнаружены на достаточно высоких широтах (не ниже 64.5° с. ш.).

Два гаплотипа АноАна1 и АноАна2 являются наиболее широко распространенными. Первый наиболее характерен для речных бассейнов Баренцева и Белого морей (Северная Двина, Печора, Онега, Лопшеньга, Кереть и Кулой), но также был обнаружен в водных системах Черного и Каспийского морей (Днепр и Волга). Таким образом, его география охватывает Европейскую часть России. Гаплотип АноАна2 встречается практически по всей территории страны, включая такие приарктические регионы, как Европейский Север, ЯНАО и Якутия. Если рассматривать только ген COI, то гаплотипы АноАна1 и АноАна2 присутствуют также среди европейских *A. anatina* (Польша, например, номера NCBI GenBank: KF030965 и KF030968 соответственно).

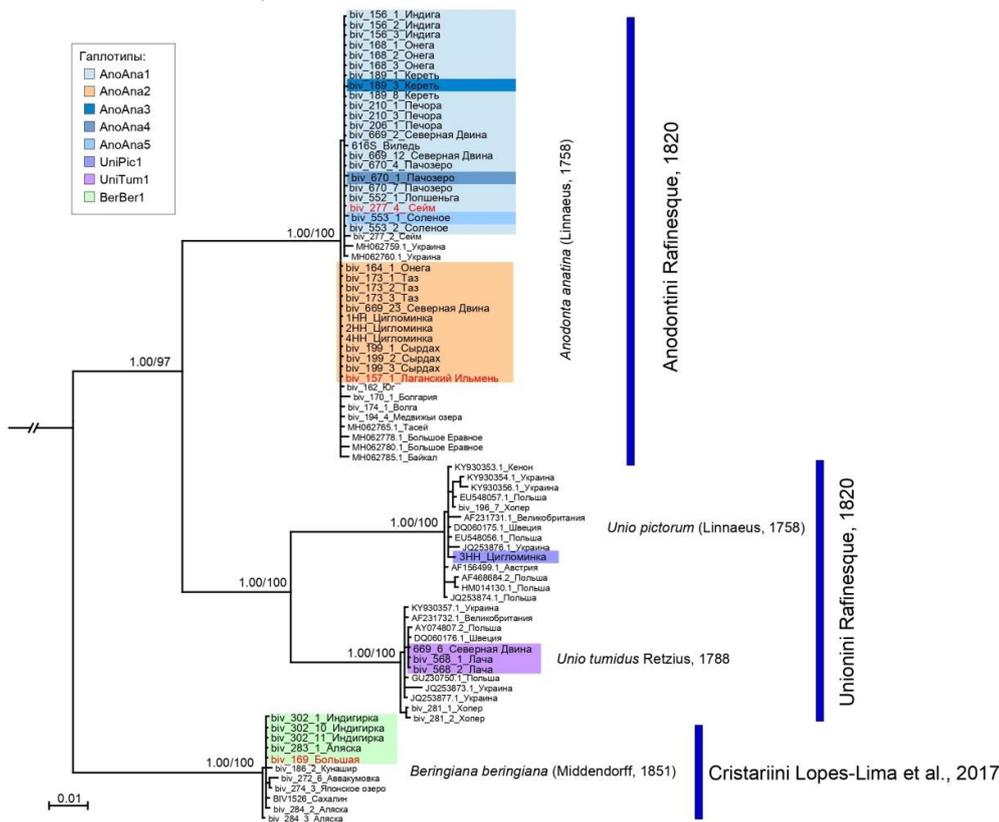


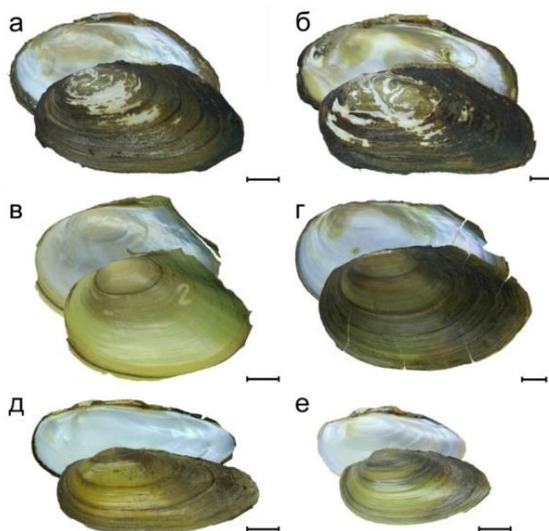
Рис. 2 – Филогенетическое дерево, построенное на основе трех молекулярных маркеров (3 кодона COI + 16S рРНК + 28 S рРНК)

В целом же уровень дивергенции внутри *Anodonta anatina* приарктических территорий очень низкий и не превышает 0.1% по фрагменту цитохром-с-оксидазы субъединицы I. Участок гена 28S рРНК является одинаковым для всех приарктических *A. anatina*.

Для трех остальных видов унионид выявлено по одному гаплотипу (Рис. 2). В случае использования для анализа всех трех молекулярных маркеров, *Unio pictorum* из реки Цигломинка (бассейн Северной Двины) формирует уникальную нуклеотидную последовательность за счет перестроек в гене 28S, однако по гену COI данный гаплотип совпадает с фрагментами образцов из рек Хопер (бассейн Азовского моря) и Волхов (бассейн Балтийского моря). Согласно анализу гена COI при помощи алгоритма BLAST в NCBI, единственный гаплотип *U. tumidus* из речных бассейнов Северной Двины и Онеги принадлежит к широко распространенному в Европе гаплотипу (Польша, Швеция, Словения, Германия и др.).

Один гаплотип *Beringiana beringiana* (BerBer1, Рис. 2) встречается как в Якутии (река Индигирка, бассейн Восточно-Сибирского моря), так и на Камчатке (река Большая, бассейн Охотского моря). Интересно также, что данный гаплотип распространен и на территории Аляски, США. Это в свою очередь является еще одним доказательством существования «моста» между северо-восточной Азией и северо-западной Северной Америкой в прошлом.

Таким образом, в ходе исследования унионид, было еще раз подтверждено, что для приарктических территорий России характерно достаточно низкое видовое разнообразие пресноводных моллюсков. Фауна Unionidae здесь представлена четырьмя видами: *Anodonta anatina* (Рис. 3а-в), *Beringiana beringiana* (Рис. 3г), *Unio pictorum* (Рис. 3д) и *Unio tumidus* (Рис. 3е), среди которых нет эндемиков. *A. anatina* и *B. beringiana* являются наиболее холодостойкими таксонами, их представители были обнаружены выше 67-68° северной широты.



а, б – Образцы *Anodonta anatina*, р. Индига, НАО (RMBH biv156\_1 и 156\_2); в - Образец *Anodonta anatina*, оз. Сырдах, Якутия (RMBH biv199\_2); г – Образец *Beringiana beringiana*, озеро рядом с аэропортом Белая Гора, Якутия (RMBH biv302\_11); д – Образец *Unio pictorum*, река Вага, Архангельская область (RMBH biv172\_4); е – Образец *Unio tumidus*, озеро Лача, Архангельская область (RMBH biv568\_2); масштаб – 1 см

Рис. 3 – Изображения раковин двустворчатых моллюсков, характерных для приарктических территорий России

Анализ генетической изменчивости показал, что уровень дивергенции внутри видов очень невысокий, и для большинства представлен только одним гаплотипом. Тем не менее, для *A. anatina*, были обнаружены три уникальные генетические линии. Такое низкое генетическое разнообразие может свидетельствовать о молодости фауны

моллюсков на приарктических территориях и относительно недавнем вселении в пресные водоемы. Для представителей *Unio* и *B. beringiana* это также может быть связано с недостатком генетических данных, по этой причине требуется сбор дополнительных образцов и получение нуклеотидных последовательностей. Результаты исследования важны как с теоретической, так и практической точки зрения. Они могут послужить основой для изучения эволюции пресноводных фаун и установления центров происхождения таксонов. Создание библиотек нуклеотидных последовательностей (в открытом доступе) позволит проводить более быструю и надежную идентификацию видов приарктических унионид, особенно в силу их выраженной морфологической изменчивости. Кроме того, полученные данные могут быть использованы при проведении экологической оценки и мониторинга на приарктических территориях.

*Исследование проведено в ходе выполнения проектов РФФИ (№18-44-292001\_p\_мк, 18-34-20033\_мол\_a\_вед) и программы президиума РАН №55 (АААА-А18-118012390198-5). Полевые работы по сбору материала в бассейне реки Волга выполнены за счет средств гранта РНФ (№ 18-77-00058).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Валькова С.А. и др. Современные тенденции изменений пресноводных экосистем Евро-Арктического региона // Труды Кольского научного центра РАН. 2012. № 3 (10). С. 7-54.
2. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. Алексеева В.Р. и Цалолихина С.Я. М-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 457 с.
3. Bogan A.E. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionoida): a search for causes // American Zoologist. 1993. Vol. 33. P. 599–609.
4. Lopes-Lima M., Froufe E., Do V. T. et al. Phylogeny of the most species-rich freshwater bivalve family (Bivalvia: Unionida: Unionidae): Defining modern subfamilies and tribes // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2017a. Vol. 106. P. 174—191.
5. Kalyaanamoorthy S., Minh B. Q., Wong T. K. F. et al. ModelFinder: Fast model selection for accurate phylogenetic estimates // Nature Methods. 2017. Vol 14. P. 587–589.
6. Nguyen L.-T., Schmidt H.A., von Haeseler A., and Minh B.Q. IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum likelihood phylogenies // Mol. Biol. Evol. 2015. Vol. 32. P. 268-274.
7. Ronquist F., Teslenko M., van der Mark P., Ayres D. L., Darling A., Höhna S., Larget B., Liu L., Suchard M. A., Huelsenbeck J. P. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian Phylogenetic Inference and Model Choice Across a Large Model Space // Systematic Biology. 2012. Vol. 61, No. 3. P. 539—542.
8. Miller M., Pfeiffer W., Schwartz, T. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees / Gateway Computing Environments Workshop (GCE) (New Orleans Convention Center New Orleans, LA, USA). 2010. P. 1–8.

## ДИНАМИКА ФАУНЫ ПТИЦ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. МУРМАНСКА В ПОСЛЕДНЕМ ДЕСЯТИЛЕТИИ

М.Н. Харламова<sup>1</sup>, М.А. Новиков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск, mnkharlamova@yandex.ru

<sup>2</sup>Мурманское областное отделение Русского географического общества (МОО РГО), г. Мурманск

Изменения климата в последние два десятилетия, наблюдаемые в Арктике, вносят разнообразные коррективы в протекание природных процессов, в том числе и в городах, расположенных за Полярным кругом. Рост среднегодовой температуры, увеличение длительности бесснежного периода за счет раннего таяния снега весной, наблюдаемые на Кольском полуострове [1], приводят к изменению биоразнообразия и поведенческих аспектов жизни животных, важным элементом которых является авифауна.

Город Мурманск находится в атлантико-арктической зоне умеренного климата. Климат формируется близостью Баренцева моря, влияние которого усиливает тёплое Мурманское течение. Этот фактор способствует сильному отличию климата Мурманска от климата большинства городов, расположенных за северным Полярным кругом.

В городе множество озер: Большое, Семеновское, Среднее, Варничное, Ледовое, Глубокие и др. В черте Мурманска есть три ручья – Варничный, Трифонов и Фадеев. В северной части города протекает небольшая река Роста. Именно на берегах упомянутых водоемов распространена значительная часть городской орнитофауны. Многие из этих водоемов загрязнены сточными водами с высоким содержанием органики антропогенного происхождения. Другим важным местообитанием мурманской авифауны являются скверы. Парков в г. Мурманске нет, более или менее крупные участки зеленых насаждений представлены в основном скверами, а также древесными насаждениями вдоль городских улиц и во дворах жилых домов и общественных зданий. Они сформированы акклиматизированными породами деревьев, а также посадками представителей местной флоры. В качестве наиболее характерных деревьев и кустарников города можно отметить рябину, иву, березу, черемуху и сирень венгерскую. Самые высокие деревья города – это тополь и лиственницы (сибирская и даурская) [2]. Кольский залив вместе с Мурманском, стоящим на его берегах, несомненно, является одним из важных перевалочных пунктов осенне-весенней миграции птиц. Кроме того, город с его микроклиматом и богатой кормовой базой создает разнообразные местообитания, пригодные для размножения птиц различных экологических группировок. Для Мурманска также характерны включения обширных участков мохово-лишайниковой и кустарниковой тундры с участками леса.

Цель исследования – выполнить ревизию списка видов птиц, обитающих в окрестностях г. Мурманска за период с 2009 г. по настоящее время, уточнить статус пребывания их на исследованной территории. Оценку статуса видов проводили с учетом известного мнения А.М. Чельцова-Бебутова [3] в отношении надежного определения статуса гнездования, вновь актуализированного в последнее время [4]. Его суть сводится к тому, чтобы в качестве неопровержимых доказательств гнездования вида в определенной местности было признание только находки гнезд с кладкой или нелетных птенцов.

В прошлое десятилетие, с 1998 по 2008 г., в черте г. Мурманска нами было отмечено 99 видов птиц, принадлежащих к отрядам: воробьинообразные *Passeriformes* (38), ржанкообразные *Charadriiformes* (29), гусеобразные *Anseriformes* (18), соколообразные *Falconiformes* (5), курообразные *Galliformes* (1), кукушкообразные

*Cuculiformes* (1), голубеобразные *Columbiformes* (1), гагарообразные *Gaviiformes* (1), пеликанообразные *Pelecaniformes* (1), аистообразные *Ciconiiformes* (1), журавлеобразные *Gruiformes* (1), совообразные *Strigiformes* (1), дятлообразные *Piciformes* (1), информация о которых приведена в наших публикациях [5-10].

С 2009 по 2018 г. в г. Мурманске и его окрестностях нами было обнаружено 79 видов птиц, среди них: 33 вида воробьинообразных, 22 ржанкообразных, 15 гусеобразных, 2 соколообразных, 1 вид курообразных, 1 кукушкообразных, 1 голубеобразных, 1 гагарообразных, 1 совообразных и 2 дятлообразных. Список видов птиц Мурманска и их статус на конец 2018 г. представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Список видов птиц г. Мурманска

№	Вид, латинское название	Сезонный характер пребывания				Основной статус
		Весна	Лето	Осень	Зима	
1	Чернозобая гагара – <i>Gavia arctica</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
2	Пеганка – <i>Tadorna tadorna</i> L., 1758		+			Н/о
3	Кряква – <i>Anas platyrhynchos</i> L., 1758	+	+	+	+	Гнездящийся
4	Чирок-свистунок – <i>Anas crecca</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
5	Связь – <i>Anas penelope</i> L., 1758	+	+			Мигрирующий
6	Шилохвость – <i>Anas acuta</i> L., 1758	+	+	+		Мигрирующий
7	Чирок-трескунок – <i>Anas querquedula</i> L., 1758		+			Мигрирующий
8	Хохлатая чернеть – <i>Aythya fuligula</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Гнездящийся
9	Морская чернеть – <i>Aythya marila</i> (L., 1761)		+			Мигрирующий
10	Морянка – <i>Clangula hyemalis</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
11	Обыкновенный гоголь – <i>Bucephala clangula</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
12	Обыкновенная гага – <i>Somateria mollissima</i> (L., 1758)	+			+	Мигрирующий
13	Гага-гребенушка – <i>Somateria spectabilis</i> (L., 1758)	+				Мигрирующий
14	Стеллерова гага – <i>Polysticta stelleri</i> (Pallas, 1769)	+				Мигрирующий
15	Длинноносый крохаль – <i>Mergus serrator</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
16	Большой крохаль – <i>Mergus merganser</i> L., 1758	+	+	+		Мигрирующий
17	Тетеревятник – <i>Accipiter gentilis</i> (L., 1758)	+		+	+	Зимующий
18	Дербник – <i>Falco columbarius</i> L., 1758	+			+	Н/о
19	Белая куропатка – <i>Lagopus lagopus</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Оседлый
20	Золотистая ржанка – <i>Pluvialis apricaria</i> (L., 1758)	+	+	+		Мигрирующий
21	Галстучник – <i>Charadrius hiaticula</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
22	Камнешарка – <i>Arenaria interpres</i> (L., 1758)		+			Мигрирующий

№	Вид, латинское название	Сезонный характер пребывания				Основной статус
		Весна	Лето	Осень	Зима	
23	Кулик-сорока – <i>Haematopus ostralegus</i> L., 1758	+	+			Гнездящийся
24	Черныш – <i>Tringa ochropus</i> L., 1758	+	+			Н/о
25	Фифи – <i>Tringa glareola</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
26	Большой улит – <i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)	+	+			Мигрирующий
27	Травник – <i>Tringa totanus</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
28	Круглоносый плавунчик – <i>Phalaropus lobatus</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
29	Турухтан – <i>Phylomachus pugnax</i> (L., 1758)	+	+	+		Мигрирующий
30	Белохвостый песочник – <i>Calidris temminckii</i> (Leisler, 1812)	+	+	+		Гнездящийся
31	Чернозобик – <i>Calidris alpina</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
32	Морской песочник – <i>Calidris maritima</i> (Brunnich, 1764)	+				Мигрирующий
33	Бекас – <i>Gallinago gallinago</i> (L., 1758)	+	+	+		Гнездящийся
34	Малый веретенник – <i>Limosa lapponica</i> (L., 1758)	+	+	+		Мигрирующий
35	Озерная чайка – <i>Larus ridibundus</i> L., 1766	+	+	+		Гнездящийся
36	Клуша – <i>Larus fuscus</i> L., 1758	+	+			Мигрирующий
37	Серебристая чайка – <i>Larus argentatus</i> Pontoppidan, 1763	+	+	+	+	Гнездящийся
38	Морская чайка – <i>Larus marinus</i> L., 1758	+	+	+		Мигрирующий
39	Сизая чайка – <i>Larus canus</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
40	Речная крачка – <i>Sterna hirundo</i> L., 1758	+	+			Гнездящийся
41	Полярная крачка – <i>Sterna paradisaea</i> Pontoppidan, 1763	+	+	+		Гнездящийся
42	Сизый голубь – <i>Columba livia</i> J.F. Gmelin, 1789	+	+	+	+	Оседлый
43	Обыкновенная кукушка – <i>Cuculus canorus</i> L., 1758	+	+			Гнездящийся
44	Ястребиная сова – <i>Surnia ulula</i> (L., 1758)				+	Залетный
45	Большой пестрый дятел – <i>Dendrocopos major</i> (L., 1758)	+			+	Залетный
46	Трехпалый дятел – <i>Picoides tridactylus</i> ()			+		Залетный
47	Береговая ласточка – <i>Riparia riparia</i> (L., 1758)	+	+			Гнездящийся
48	Воронок – <i>Delichon urbica</i> (L., 1758)	+	+			Мигрирующий
49	Лесной конек – <i>Anthus trivialis</i> (L., 1758)	+	+	+		Гнездящийся
50	Луговой конек – <i>Anthus pratensis</i> (L., 1758)	+	+	+		Гнездящийся
51	Желтая трясогузка – <i>Motacilla flava</i> L., 1758	+	+	+		Н/о
52	Белая трясогузка – <i>Motacilla alba</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
53	Серый сорокопуд – <i>Lanius excubitor</i> L., 1758		+			Н/о

№	Вид, латинское название	Сезонный характер пребывания				Основной статус
		Весна	Лето	Осень	Зима	
54	Кукша – <i>Perisoreus infaustus</i> L., 1758	+		+	+	Н/о
55	Сорока – <i>Pica pica</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Гнездящийся
56	Серая ворона – <i>Corvus cornix</i> L., 1758	+	+	+	+	Оседлый
57	Ворон – <i>Corvus corax</i> L., 1758	+	+	+	+	Оседлый
58	Свиристель – <i>Bombicilla garrulus</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Зимующий
59	Камышевка-барсучок – <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> (L., 1758)	+	+			Гнездящийся
60	Пеночка-весничка – <i>Phylloscopus trochilus</i> (L., 1758)	+	+	+		Гнездящийся
61	Мухоловка-пеструшка – <i>Ficedula hypoleuca</i> (Pallas, 1764)	+	+			Гнездящийся
62	Обыкновенная горихвостка – <i>Phoenicurus phoenicurus</i> (L., 1758)	+	+			Гнездящийся
63	Варакушка – <i>Luscinia svecica</i> (L., 1758)	+	+	+		Гнездящийся
64	Рябинник – <i>Turdus pilaris</i> L., 1758	+	+	+	+	Гнездящийся
65	Белобровик – <i>Turdus iliacus</i> L., 1766	+	+	+		Гнездящийся
66	Буроголовая гаичка – <i>Parus montanus</i> Baldenstein, 1827	+	+	+	+	Гнездящийся
67	Сероголовая гаичка – <i>Parus cinctus</i> Boddaert, 1783	+	+	+	+	Гнездящийся
68	Обыкновенная лазоревка – <i>Parus caeruleus</i> L., 1758			+		Залетный
69	Большая синица – <i>Parus major</i> L., 1758	+	+	+	+	Гнездящийся
70	Домовый воробей – <i>Passer domesticus</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Оседлый
71	Зяблик – <i>Fringilla coelebs</i> L., 1758		+			Мигрирующий
72	Вьюрок – <i>Fringilla montifringilla</i> L., 1758	+	+	+		Гнездящийся
73	Обыкновенная зеленушка – <i>Chloris chloris</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Гнездящийся
74	Обыкновенная чечетка – <i>Acanthis flammea</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Гнездящийся
75	Щур – <i>Pinicola enucleator</i> (L., 1758)	+			+	Мигрирующий
76	Обыкновенный снегирь – <i>Pyrrhula pyrrhula</i> (L., 1758)	+	+	+	+	Гнездящийся
77	Обыкновенная овсянка – <i>Emberiza citrinella</i> L., 1758		+	+		Н/о
78	Тростниковая овсянка – <i>Emberiza schoeniclus</i> (L., 1758)	+	+	+		Гнездящийся
79	Пуночка – <i>Plectrophenax nivalis</i> (L., 1758)	+				Мигрирующий

Примечание. Сокращения в столбце «статус» означают: н/о – не определен

За прошедшие 10 лет можно отметить следующие изменения авифауны. Список наблюдаемых видов заметно сократился в основном за счет представителей лимнофауны, имеющих статус зимующих или мигрирующих. Уменьшилось количество хищных птиц: более не наблюдались орлан-белохвост, мохноногий канюк (зимняк), сапсан и пустельга. В качестве новых представителей авифауны в список добавлены пеганка, кукша и трехпалый дятел.

Кукша считается обычной оседлой птицей Мурманской области, заселяющей различные типы хвойного леса [11]. В г. Мурманске, точнее на его окраинах, кукшу регулярно видели преимущественно в осенне-зимний период, начиная с 2011 г.

Трехпалый дятел – широко распространен по всей таежной зоне, включая и лесную зону Кольского полуострова, причем встречается в Мурманской области чаще всех других видов дятлов [11]. В Мурманске единственная встреча с трехпалым дятлом произошла на ул. Академика Книповича в сентябре 2011 г.

Пеганка – крупная утка, гнездовой ареал которой в Европе на севере в последнее время ограничивался северо-восточным побережьем Ботнического залива Балтийского моря (Финляндия). Сегодня этот вид внесен в Красную Книгу Мурманской области (последняя редакция) со статусом «Редкий, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому». По имеющимся данным, в Мурманской области пеганка появилась недавно и начала гнездиться в Кандалакшском заповеднике на Айновых о-вах и у о. Великого, а также в Кольском заливе [12]. Мы наблюдали пеганку в июле 2018 г. в губе Грязной Кольского залива (Росляково).

Наиболее многочисленным отрядом авифауны г. Мурманска в текущий период остаются воробьинообразные; на их долю приходится 33 вида (было 38), обитающих в основном в зеленой зоне города. В Мурманске обычны свиристель, береговая ласточка, белая трясогузка, снегирь, большая синица, обыкновенная зеленушка, рябинник, белобровик, пеночка-весничка, мухоловка-пеструшка, тростниковая овсянка, вьюрок, обыкновенная чечетка и др. В городе и его окрестностях регулярно гнездятся 23 (было 18) видов птиц.

Среди экологических группировок в Мурманске по видовому составу преобладает так называемая лимнофильная орнитофауна, которая в настоящее время насчитывает около 36 видов (было 40).

Не считая домового воробья, рябинник, чечетка, большая синица и в последние годы белобровик – одни из самых многочисленных гнездящихся воробьиных птиц, как самого города, так и его окрестностей. Кроме того, в городе наблюдается регулярное гнездование ворона, серой вороны и сороки. Все три вида врановых птиц встречаются в Мурманске на протяжении всего года. Из указанных видов врановых, гнезда серой вороны самые многочисленные. По имеющимся данным [11], серые вороны стали жить оседло в городах Кольского полуострова с 1950-х годов. Интенсивность и сроки гнездования серых ворон в городе от года к году сильно отличаются. Популяция сороки в городе в последние годы имеет тенденцию к увеличению, а количество отмеченных гнезд ворона, наоборот, снижается.

Регулярно гнездятся в городе и его окрестностях зеленушки. Их активное пение слышали в городе на протяжении февраля-апреля во все годы наблюдений. Этот вид ранее редкий залетный для Мурманской области, в 2000-е годы расселился до Баренцева моря [7, 13]. В 2012 г. впервые отмечено гнездование зеленушек в центре г. Мурманска. Были обнаружены два гнезда с 2 птенцами в каждом на ул. Академика Книповича и в сквере у областного драматического театра. Оба гнезда располагались на лиственнице. Ранее гнездование зеленушек было отмечено только на окраине города в районе оз. Большого.

К регулярно зимующим видам птиц г. Мурманска можно отнести снегиря, свиристеля и рябинника. На протяжении нескольких лет (например, в 1999 и 2001 гг.) наблюдали массовые зимовки стай рябинников в количестве до полутора сотен особей, чего ранее не отмечалось. Крупные стаи рябинников, насчитывающих сотни особей, отмечались также в январе-феврале 2018 г. Свиристель – также характерный для Мурманска вид птиц преимущественно в осенне-весенний период. В г. Мурманске свиристели появляются обычно в октябре, покидают город в апреле-мае. Ранее максимальная численность птиц этого вида была отмечена в марте-апреле 2008 г.: 24 марта на всех наблюдаемых участках было зарегистрировано около 980 особей. Такая

высокая численность свиристелей отмечалась до конца апреля 2008 г. Однако, зимой 2017-2018 гг. было отмечено новое рекордное количество свиристелей, зимующих в городе. Отдельные кормящиеся на рябине стаи этих птиц превышали 1000 особей.

По нашему мнению, отмеченное выше общее сокращение количества видов авифауны, происходит по двум основным причинам. Первая, – наметившийся в последние годы дефицит влаги в весенний период, приводящий к снижению уровня воды в водоемах, высыханию заболоченных участков тундры и, как следствие, к уменьшению вылета насекомых, размножающихся в воде (двукрылых, ручейников и др.), служащих кормовой базой многих птиц в период гнездования. Вторая, – усиление массивированного антропогенного воздействия на биотопы города в связи со многолетним строительством и реконструкцией автомагистрали Мурманск-Санкт-Петербург сопровождающееся, кроме всего прочего, общим увеличением потоков автотранспорта, в том числе и личного.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демин В.И., Священников П.Н., Иванов Б.В. Изменения крупномасштабной циркуляции атмосферы и современное потепление климата на Кольском полуострове // Вестник Кольского научного центра. 2014. № 2 (17). С. 101-105.
2. Дудакова Е.Ф., Макарова О.А. Первый сквер в городе Мурманске. Мурманск: ООО «Тореал», 2015. 38 с.
3. Чельцов-Бebutov А.М. О характере пребывания в Казахстане северных видов куликов // Охране природы. М.: Всерос. общество охраны природы. Сборник. 11. С. 80-94.
4. Тарасов В.В., Коршиков Л.В. К вопросу о гнездовании тундровых видов куликов в Оренбургских степях в 19 веке // Зоологический журнал. 2018. Т. 97, № 12. С. 1513-1524.
5. Харламова М.Н., Новиков М.А. Орнитофауна города Мурманска и его окрестностей // Биоразнообразие Европейского Севера (теоретические основы изучения, социально правовые аспекты использования и охраны): Тез. докл. межд. конф. (Петрозаводск, 3-7 сент. 2001 г.). Петрозаводск, 2001. С.184-185.
6. Харламова М.Н., Большаков А.А., Новиков М.А. Биология гнездования птиц, обитающих в окрестностях г. Мурманска // Ученые записки МГПУ. Биол. науки: Сб. научных статей. Мурманск: Изд-во МГПУ, 2006. Вып. 2. С.40-48.
7. Харламова М.Н., Новиков М.А. Биоразнообразие птиц урбанизированных территорий Крайнего севера (на примере г. Мурманска) // Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О.И. Семенова-Тян-Шанского): Матер. межд. конф. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. Ч.2. С.191-192.
8. Харламова М.Н., Новиков М.А., Малясова С.А. Типичные и залетные виды птиц урбанизированных территорий северной части Мурманской области (по материалам 1998-2006 гг.) // Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем: Тез. докл. межд. научн. конф. (Ростов-на-Дону, 5–8 июня 2007 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. С.314-315.
9. Харламова М.Н., Матвеев О.С. Особенности гнездования дроздов в г. Мурманске // Флора и фауна северных городов: Сб. статей Международной научно-практической конференции. Мурманск: Изд-во МГПУ, 2008. С. 121-127.
10. Харламова М.Н., Новиков М.А. Авифауна г. Мурманска // Флора и фауна городов Мурманской области и Северной Норвегии: Межвузовский сборник научных статей. Мурманск: МГПУ, 2009. С. 92-102.
11. Семенов-Тян-Шанский О.И., Гилязов А.С. Птицы Лапландии. М.: Наука, 1991. С. 1-288 с.

12. Красная Книга Мурманской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://gis.gov-murman.ru/redbook/?q=Vertebrates> (дата обращения: 16.05.2019)
13. Хлебосолов Е.И., Макарова О.А., Хлебосолова О.А., Поликарпова Н.В., Зацаринный И.В. Птицы Пасвика. Рязань: НП «Голос губернии», 2007. 176 с.

## **АДАПТАЦИЯ И РАЗВИТИЕ КОРМОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА РФ**

*А.А. Шаманин*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова РАН, г. Архангельск, [lexhik\\_1@mail.ru](mailto:lexhik_1@mail.ru)

Признано, что сельскохозяйственное производство в большой степени зависит от климатических условий и их изменений в период роста и развития трав. Экстремальные неблагоприятные условия наносят урон сельскому хозяйству на 50% и более. Увеличение ассортимента кормовых трав нового поколения позволит снизить неблагоприятное воздействие погодных условий на продуктивность кормовых травостоев. Введение их в производство и адаптация к местным условиям возделывания является одним из ведущих направлений научно обоснованного кормопроизводства, способного обеспечить животноводство зелёным и сырьевым кормом. Для современных видов и сортов трав свойственна экологическая устойчивость и продуктивность, способность полнее использовать природные ресурсы, сглаживать негативные явления и обеспечивать производство кормов высокого качества, в меньшей степени зависящего от изменения погодных условий [1].

Сложившийся в настоящее время в Архангельской области традиционный набор кормовых культур не может в полной мере обеспечить животноводство полноценными кормами на протяжении всего вегетационного периода. Дефицит кормов чаще всего приходится на раннюю весну и позднюю осень, когда на полях нет вегетирующих растений. В связи с этим очень актуальны поиски хорошо поедаемых растений, отличающихся ранним отрастанием и холодостойкостью. Интродукция ценных видов за счёт использования генетических ресурсов растений позволяет значительно расширить ассортимент кормовых культур, предназначенных на силос, зелёный корм, сено, и, следовательно, укрепить кормовую базу животноводства [2].

Поступление новых видов и сортов кормовых культур в АПК северного региона требует необходимости их сравнительного изучения и адаптации к местным почвенно-климатическим и экономическим условиям.

**Целью исследований** являлось изучение малораспространённых видов и сортов кормовых культур для формирования высококачественных кормовых агроценозов в условиях северного региона европейской территории России. В задачи исследований входило изучение закономерностей роста и развития многолетних злаковых и бобовых трав для формирования высококачественных кормовых агроценозов.

**Актуальность** исследований состоит в изучении особенностей интродукции кормовых культур, оптимально сочетающих адаптивные и продуктивные свойства, приспособленность к экстремальным условиям севера, для расширения их видового разнообразия, укрепления кормовой базы животноводства и повышения плодородия англоландшафтов в условиях северного региона России.

**Новизна исследований** состоит в оценке нетрадиционных кормовых культур на степень адаптивности к новым для них условиям произрастания.

**Объект исследований** – кормовые культуры различных ботанических семейств и различного долголетия.

Исследования проводили в 2016–2017 гг. на базе опытного поля ФГУП «Холмогорское» на дерново-слабоподзолистых среднесуглинистых почвах. Посев многолетних культур проводили в первой декаде июня. В полевом опыте изучали 22 культуры, из них 8 культур семейства бобовые (*Fabaceae*), 13 культур семейства злаковые (*Poaceae*) и 1 культура семейства розоцветные (*Rosaceae*).

Площадь делянки – 5,24 м<sup>2</sup>, количество вариантов – 26. Нормы высева и способ посева устанавливались в зависимости от особенностей культуры и рекомендаций оригинатора. Семенной материал был предоставлен различными НИУ и проверен на всхожесть и чистоту в филиале ФГБНУ «Россельхозцентр» по Архангельской области. Проведение опыта осуществлялись согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, методическим указаниям по изучению коллекций многолетних кормовых трав, методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

**Метеорологические наблюдения.** Вегетационные периоды (июнь-август) разнились по годам исследований (Табл. 1). Самым тёплым и засушливым был 2016 год с показателем гидротермического коэффициента (ГТК) по Г.Т. Селянинову - 1,4. Неблагоприятным был 2017 год - ГТК 2,6, что характеризует период как избыточно увлажнённый с низкими температурами воздуха.

Таблица 1 – Метеорологические условия периода проведения исследований

Показатель	2016 год	2017 год
Сумма температур (июнь – август), °С	1527,7	1362,1
Сумма температур >10°С (июнь – август), °С	1464,6	1234,0
Сумма осадков (июнь – август), мм	225,5	362,8
ГТК по Селянинову	1,4	2,6

**Результаты исследований.** В первый год жизни из многолетних злаковых культур развитие от всходов до цветения прошли следующие: райграсс многоукосный «Талан», бекмания обыкновенная «Донская», житняк гребневидный «Павловский 12» и тимофеевка луговая «Северодвинская 18», однако дружным колошением и цветением охарактеризовал себя лишь райграсс многоукосный (Табл. 2). Лисохвост вздутый «Донской 20» за вегетационный период первого года жизни смог зацвести, тем не менее, колошение и цветение проходили неравномерно. Все остальные культуры, за исключением ежи сборной «Двина», показали медленное развитие в период прохождения фенологических фаз «кущение – выход в трубку». Для них были характерны единичные выход в трубку и колошение. В первый год жизни ежа сборная развилась до фазы «выход в трубку-колошение», однако период прохождения данной фазы был продолжительным. Отмечалось единичное колошение и даже единичное цветение.

Не все культуры охарактеризовали себя хорошей зимостойкостью. Райграсс многоукосный «Талан» не перезимовал, и на второй год исследований отросли единичные растения. Также отрастание единичных растений наблюдалось у фестулолиумов.

Весеннее отрастание остальных многолетних культур отмечено в период с 23 по 26 мая. Самым ранним отрастанием выделились все виды овсяницы, бекмания обыкновенная Донская, лисохвост луговой Донской 20, тимофеевка луговая СД-18 и кострец безостый Дуэт. Отрастание у данных культур отмечено на 23 мая. Отрастание остальных злаковых культур отмечено на 26 мая.

Во второй год жизни все злаковые травы, за исключением райграсса многоукосного и фестулолиумов, в развитии достигли фазы цветения. Продолжительность прохождения фаз развития от отрастания до колошения была от 31 дня у лисохвоста вздутаго до 47 дней у овсяницы тростниковой.

Таблица 2 – Продолжительность фаз развития многолетних злаковых культур

Культура	1-й год жизни многолетних трав						2-й год жизни многолетних трав		
	Посев- всходы, дни	Всходы- 3 листа, дни	3 листа- кущение, дни	Кущение -выход в трубку, дни	Выход в трубку- колошение , дни	Колошен ие - цветение, дни	Отраста- ние - выход в трубку, дни	Выход в трубку- колошен ие, дни	Колошен ие - цветение, дни
Кострец безостый Дуэт	12	8	16	64	-	-	30	12	12
Райграс многоукосны й Талан	10	10	8	10	8	16	-	-	-
Полевица гигантская Дюна	12	8	10	70	-	-	30	11	14
Овсяница тростниковид ная Балтика	12	10	8	70	-	-	33	14	12
Овсяница восточная Придонская	12	10	8	70	-	-	33	12	11
Овсяница красная Галас	12	10	8	70	-	-	28	12	9
Овсяница луговая СД- 130	12	10	8	70	-	-	30	10	9
Бекмания обыкновенна я Донская	16	6	8	8	8	12	30	12	11
Лисохвост вздутый Донской 20	16	10	10	16	14	34	23	8	9
Житняк гребневидны й Павловский 12	14	8	8	8	10	24	30	10	10
Фестулолиум Хикор	14	10	12	64	-	-	-	-	-
Фестулолиум Фелина	14	8	14	64	-	-	-	-	-
Фестулолиум №6	14	8	14	64	-	-	-	-	-
Ежа сборная Двина	16	8	12	12	54	-	30	12	10
Тимофеевка луговая СД- 18	16	8	12	12	10	12	33	12	12

Все многолетние бобовые культуры, кроме козлятника восточного «Гале» и клевера паннонского «Премьер», в первый год жизни за вегетационный период прошли фазы развития от всходов до цветения (Табл. 3). Однако бутонизация и цветение у люцерны, лядвенца рогатого и клевера лугового проходили не дружно, вследствие чего цветение и формирование семян продолжалось до конца вегетационного периода, а сорта клевера лугового не сформировали семян, хотя и наблюдалось побурение

головок. Люпин многолетний «Первенец» сформировал небольшое количество цветоносов. Козлятник восточный и клевер паннонский охарактеризовались тем, что достаточно долго (более 50 дней) развивались в фазу побегообразования, в результате чего не завязали бутонов. Клевер паннонский, помимо того, достаточно долго (26 дней) развивался от всходов до побегообразования.

Таблица 3 – Продолжительность фаз развития многолетних бобовых культур

Культура	1-й год жизни многолетних трав					2-й год жизни многолетних трав		
	Посев- всходы, дни	Всходы-3 листа, дни	Злиста- п/обр., дни	П\обр. – бутониз., дни	Бутониз. – цветение, дни	Отрастание –п/обр., дни	П\обр. – бутониз., дни	Бутониз. – цветение, дни
Люпин многолетний Первенец	16	8	32	14	12	единич- ные растения	-	-
Козлятник вост. Гале	16	8	18	58	-	24	-	-
Клевер луговой Нива	12	12	22	18	18	32	22	13
Клевер луговой Приор	12	12	20	20	18	32	22	13
Клевер луговой Корифей	12	12	20	20	18	32	22	13
Клевер паннонский Премьер	12	26	8	54	-	единич- ные растения	-	-
Люцерна жёлтая Злата	12	12	10	20	10	30	18	8
Люцерна синяя Кевсала	12	12	10	14	8	30	18	8
Лядвенец рогатый Солнышко	16	8	10	12	8	30	11	9
Эспарцет виколист. Русич	12	12	14	14	10	30	9	9
Черноголовн ик многобрачны й Слава	11	10	10	18	8	25	12	9

Весеннее отрастание многолетних бобовых культур во второй год жизни отмечено в промежуток времени с 23 мая по 8 июня. Люпин многолетний плохо перезимовал, в результате чего отмечено отрастание единичных растений. Раньше всех весной второго года жизни начали отрастать сорта клевера лугового – отрастание отмечено 23 июня. Лядвенец рогатый и эспарцет виколистный начали формирование новых побегов 26 мая, а люцерны синяя и желтая – 2 июня. Козлятник восточный, как и клевер паннонский, начал отрастать позже всех – 8 июня, тем не менее не развились дальше фазы побегообразования.

Все бобовые культуры, за исключением люпина многолетнего, козлятника восточного и клевера паннонского, достигли в развитии фазы цветения. Наиболее ценную в кормовом значении фазу развития многолетних бобовых культур раньше всех сформировали эспарцет виколистный и лядвенец рогатый – на 39-й и 41-й день соответственно. Однако площадь проективного покрытия на второй год у эспарцета виколистного составила 60 %, а у лядвенца рогатого – 70 %, что в конечном счете сказалось на урожайности. Люцерны синяя и желтая достигли фазы бутонизации на 48-й день с начала отрастания, проективное покрытие составило 70 % и 80 %. Клевера луговые вошли в фазу бутонизации на 54-й день после начала отрастания с проективным покрытием 82–90 %.

Черноголовник многобрачный «Слава» в первый год жизни полноценно выкинул цветоносы, хоть и не дружно. Во второй год жизни черноголовник многобрачный «Слава» очень быстро развился до фазы цветения (за 46 дней) и сформировал семена. Проективное покрытие у него составило всего 30 %.

**Заключение.** Большинство исследованных кормовых культур охарактеризовали себя как перспективные культуры для возделывания в условиях севера Архангельской области, что в перспективе позволит сформировать различные по срокам использования кормовые агрофитоценозы.

Райграс многоукосный Талан перспективен для использования в качестве ранней однолетней культуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлючик Е.Н. [и др]. Экологическая устойчивость и кормовая продуктивность клеверо-злаковых травосмесей на основе современных видов и сортов трав / Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов, выпуск 6 (54) — М. : Угрешская типография, 2015. — С. 149-155.
2. Гинтов В.В. и др. Аспекты повышения эффективности производства молока в Архангельской области: научно обоснованные рекомендации по заготовке кормов собственного производства и кормлению животных – Архангельск : [Солти], 2018. – 82 с. : табл., ил.

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПЛОТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ *DREISSENA POLYMORPHA* (PALLAS, 1771) В ВОДОТОКАХ БАСЕЙНА РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

А.Р. Шевченко<sup>1,2</sup>, О.В. Травина<sup>1</sup>, Ю.В. Беспалая<sup>1,2</sup>, О.В. Аксёнова<sup>1,2</sup>, С.Е. Соколова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, schewchenko.aleks@yandex.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

Пресноводный двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) является широко распространенным инвазивным видом, который в течение прошлого века успешно распространился на большей части Европы и Северной Америки, что сделало его одним из самых активно расселяющихся видов во всем мире [1,2].

О первых находках особей *D. polymorpha* в реке Северная Двина упоминается в работе 1903 г. [3], обобщающей сведения о распространении этого вида к началу XX века. Последующий ряд исследований позволил уточнить границы распространения популяции *D. polymorpha* в бассейне Северной Двины [4, 5].

Анализ литературных данных показал, что популяции дрейссены в реке Северная Двина отличаются невысокой плотностью [5,8]. Однако причины низкой численности дрейссены в северодвинском бассейне до настоящего времени не были установлены. Доказано, что на распространение и плотность популяций *D. polymorpha* в водотоках оказывает влияние ряд факторов среды, таких как характер субстрата, температура воды, содержание кальция и кислорода, уровень рН и соленость воды [6, 7].

Цель настоящей работы состояла в изучении влияния факторов среды на распространение и плотность популяций *D. polymorpha* в водотоках бассейна р. Северная Двина.

Полевые экспедиционные работы были проведены в реках Северная Двина, Юрос, Соломбалка, Большая Юра и Карелка в период с 2015 по 2017 года. В реках Большая Юра и Карелка поселения дрейссены не обнаружены.

Всего в процессе исследования было отобрано 162 бентосных пробы, содержащих 944 особи *D. polymorpha* на 16 станциях. На каждой станции отбор проб зообентоса проводили по стандартной методике [9]. Гидрохимический анализ проб воды на содержание макроионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) был выполнен в ЦКП «Арктика» С(А)ФУ. Значение рН измеряли с помощью цифрового портативного многопараметрического мультиметра CyberScan PCD 650 (Eutech Instruments, Нидерланды).

Распределение станций отбора проб в зависимости от факторов среды проанализировали методом главных компонент (РСА) [10].

Оценку значимости различий плотности моллюсков между водотоками проводили на основе критерия Kruskal-Wallis с использованием программы PAST [10]. Зависимости гидрохимических параметров и плотностей популяций *D. polymorpha* были проанализированы методом регрессионного анализа.

По гидрохимическому составу обследованные реки бассейна р. Северная Двина можно отнести к слабощелочным. Значения рН в исследованных водотоках изменялось от 6.40 до 8.65. В катионном составе в реках Северная Двина, Юрос и Соломбалка преобладающими были ионы кальция (16.7–40.9 мг/л), а в реках Большая Юра и Карелка концентрация кальция составила лишь 8.24 мг/л и 8.35 мг/л (ниже предельно-допустимых нижних границ для *D. polymorpha* [6, 11]).

Различия между станциями, главным образом, прослеживались в гидрохимических параметрах и характере субстрата. Распределение станций вдоль первой оси положительно коррелировало с содержанием  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и рН, а также характером грунта и глубиной, и отрицательно с наличием остатков растительности. Вдоль второй оси различие станций было в основном связано с содержанием  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , характером субстрата (илистый грунт) и наличием остатков растительности с положительной стороны и с характером субстрата и содержанием  $\text{SO}_4^{2-}$ , расположенных на другой части оси.

Средняя плотность колоний *D. polymorpha* для исследуемых рек оказалась невысокой и составила 270 экз./м<sup>2</sup>. В то время как, например, в других частях ареала плотность колоний *D. polymorpha* достигала 30000 экз./м<sup>2</sup> (Испания, р. Эбро), 7050 экз./м<sup>2</sup> (Беларусь, Нарочанские озера) и 3050 экз./м<sup>2</sup> (Россия, Рыбинское водохранилище) [12–14]. В целом значение плотности поселений *D. polymorpha* между водотоками не имело значимых различий (Kruskal-Wallis test:  $H=2.84$ ,  $df=3$ ,  $p=0.17$ ), за исключением станции на р. Северная Двина (устьевая часть), где обилие *D. polymorpha* было значимо выше (4023.8 экз./м<sup>2</sup>) по сравнению с другими водотоками (Kruskal-Wallis test:  $H=18.52$ ,  $df=3$ ,  $p<0.0001$ ).

В результате проведенного регрессионного анализа зависимости плотности популяций дрейссены и содержания макроионов установлено, что с увеличением концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и уровня рН в изученных водотоках, плотность популяций дрейссены достоверно увеличивалась ( $R^2>0.96$ ,  $p<0.05$ ). Предположительно,

на распространение и плотность популяций дрейссены в исследуемых водотоках оказывают влияние уровень содержания макроионов и рН.

*Исследование распространения популяций *D. polymorpha* в бассейне р. Северная Двина проведено в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 18-34-00580 мол\_а). Исследование анализа плотности популяций дрейссены проведено в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 17-44-290436 р\_а).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pollux V.J.A., Minchin D., Van der Velde G., Van Alen T., Moon-Van Der Staay S.Y., Hackstein J. Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in Ireland, AFLP-fingerprinting and boat traffic both indicate an origin from Britain // *Freshwater biology*. 2003. Vol. 48. No. 6. P. 1127-1139.
2. Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Mastitsky S.E., Padilla D.K., Mills E.L. Contrasting rates of spread of two congeners, *Dreissena polymorpha* and *Dreissena rostriformis bugensis*, at different spatial scales // *Journal of Shellfish Research*. 2011. Vol. 30. No. 3. P. 923-931.
3. Скориков А.С. Современное распространение *Dreissena polymorpha* (Pallas) в России // Ежегодник Волжской биологической станции. Саратов, 1903. 48 с.
4. Величковский В. Моллюски окрестностей Архангельска // Труды Государственного Полярного химико-бактериологического института. 1927. 1. С. 147-151.
5. Кучина Е.С. К вопросу о распространении моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas в р. Северной Двине // Биология дрейссены и борьба с ней. М.; Л.: Наука, 1964. С. 31-37.
6. Ramcharan C.W., Padilla D.K., Dodson S.I. Models to predict potential occurrence and density of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1992. Vol. 49. No. 12. P. 2611-2620.
7. Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Padilla D.K. Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pall.) // *Journal of Shellfish Research*. 1998. Vol. 17. No. 4. P. 1219-1235.
8. Махнович Н.М. Исследование *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) как объекта биомониторинга в устье реки Северная Двина // Проблемы региональной экологии. 2016. №1. С. 39-43.
9. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / отв. ред. Ф.Д. Мордохай-Болтовской. М.: Наука, 1975. 240 с.
10. Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. Paleontological statistics software: package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. No. 4.
11. Karatayev A.Y., Padilla D.K., Minchin D., Boltovskoy D., Burlakova L. E. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves // *Biological Invasions*. 2007. Vol. 9. No. 2. P. 161-180.
12. Burlakova L.E., Karatayev A.Y., Padilla D.K. Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time // *Hydrobiologia*. 2006. Vol. 571. No. 1. P. 133-146.
13. Пряничникова Е.Г., Тютин А.В., Щербина Г.Х. Сравнительный анализ структуры поселений двух видов дрейссенид (Mollusca, Dreissenidae) и фауны их эндосимбионтов в верхневолжских водохранилищах // Биология внутренних вод. – 2011. – №. 2. – С. 57-64.
14. Araujo R., Valladolid M., Gymez I. Life cycle and density of a newcomer population of zebra mussels in the Ebro River, Spain // *The Zebra Mussel in Europe* / Eds G. Van der Velde S. Rajagopal A., Bij de Vaate. Backhuys Publishers, Leiden, Margraf Publishers, Weikersheim. 2010. P. 183-189.

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДИ ОТКРЫТЫХ ПЕСКОВ И КУСТАРНИКОВ О. КОЛГУЕВ ПО СНИМКАМ LANDSAT ЗА 1994-2017 гг.

*А.Г. Шматова<sup>1</sup>, Н.О. Тельнова<sup>2</sup>, А.А. Медведев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, a.shmatova@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт географии РАН, Москва

Тундры являются очень чувствительным ландшафтом, в котором относительно быстро и достаточно заметно происходят изменения в ответ на внешние воздействия. Для острова Колгуева есть два ведущих фактора, влияющих на состояние почвенно-растительного покрова. Первое, это повышение среднегодовых температур в арктической зоне, которое может приводить к повышению биопродуктивности растительных сообществ тундры [1,2,4]. Второе, это колебания численности оленей на острове, которая может в некоторый период в разы превышать нагрузку на пастбища [3], а затем резко сокращаться почти до полного вымирания. Как и в других частях тундровой зоны, при перевыпасе наблюдается образование открытых раздуваемых песков – котлов выдувания. Эти нарушенные поверхности, возникновение которых индуцировано оленями, долго не зарастают растительностью, так как раздуваются ветром.

Изменения, связанные с увеличением числа активных температур, в разных сообществах могут происходить неодинаково. Для Колгуева наибольший интерес представляют кустарниковые сообщества (ивняки). Наибольшее распространение они имеют в южной части острова, в северной части встречаются локально. Нужно отметить, что южная и восточная части острова лежат в пределах подзоны южных тундр, для которых как раз характерны кустарниковые сообщества, а северная и центральная – в пределах подзоны типичных тундр. В связи с этим были поставлены две задачи, которые методически легко совмещаются: оценить изменения площадей кустарниковых сообществ (ивняков) и развеваемых песков.

Обычно для изучения состояния растительности используются вегетационные индексы, так как они просты в расчетах, не требуют полевых подспутниковых исследований, уменьшают сезонную вариацию внутри сообщества, более универсальны [1,2]. Однако, они также обладают некоторыми недостатками. Одним из них является то, что для сравнения результатов между годами необходимо чтобы снимок был сделан в период максимальной вегетации. В областях с частой облачностью, это достаточно сложно даже для отдельных годов.

Для работы были скачены космические снимки Landsat 5-8, находящиеся в открытом доступе, за период 1994-2017 г. Среди них с удовлетворительным покрытием территории (без облаков) было отобрано всего 10 снимков, то есть в среднем – через год. В результате анализа распределения снимков по сезонам, был выбран период второй-третьей декады июля - первой декады августа, так как в эти даты чаще попадались снимки с минимальной облачностью. После обрезки областей, непригодных для обработки, полностью покрытой всеми снимками, взятыми для работы, оказалась только средняя часть острова (Рис. 1). Изучение проводили с использованием методов дистанционного зондирования и полевого дешифрирования спутниковых снимков. Работа со снимками Landsat проводилась в комбинации красного и двух инфракрасных каналов (ближнего и среднего), пространственное разрешение которых составляет 30 м. Эта комбинация дает наиболее выраженные цветовые контрасты, так как инфракрасные каналы позволяют наиболее точно дешифрировать различия во влажности и выделять водные объекты и пески, а сочетание красного и инфракрасного канала наиболее удобны для анализа растительности. Классификация космических снимков была проведена методом

неконтролируемой классификации (IsoData), с экспертным присвоением значений полученным классам, основанном на полевых данных (экспедиционные исследования проводили летом 2018г в центральной части острова). Для классификации снимков и первичной обработки был использован программный пакет SCANEX Image Processor.

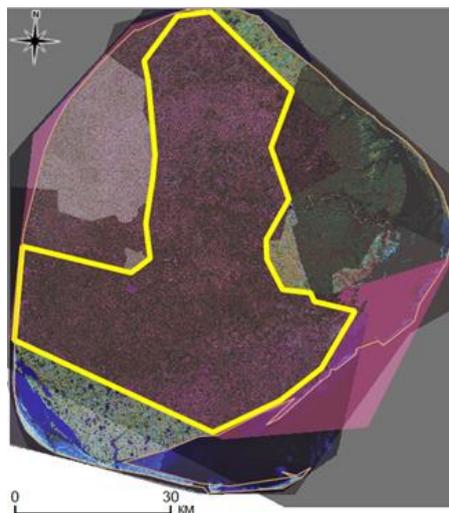


Рис. 1 – Область (желтый контур), с полным покрытием всеми снимками

Для достижения наилучшего результата классификацию проводили последовательно в 3 этапа. Сначала выделяли класс воды и песков, как наиболее контрастных по спектральным характеристикам. Затем пиксели, принадлежащие этим классам, удаляли (маскировали) на исходном снимке, тем самым сужая диапазон значений при последующей классификации и делая её более точной. На следующем этапе выделяли различные типы растительности. Наиболее контрастными были классы: сухих лишайниковых тундр, болот и сообществ с высокой фитомассой, куда попадали как кустарники (ивы), так и осоковые сообщества. Неконтрастным классом, образующим множество переходных форм с другими был класс, в который попадали типичные мохово-кустарничковые тундры. На 3 этапе для классификации оставались только кустарниковые и осоковые сообщества, поскольку их разделение было очень сложно, так как они обладают близкими спектральными характеристиками и образуют много переходных форм в ландшафте.

Для сравнения полученных результатов по годам, были выбраны площадки 5\*5 км в разных ландшафтах острова (Рис.2).

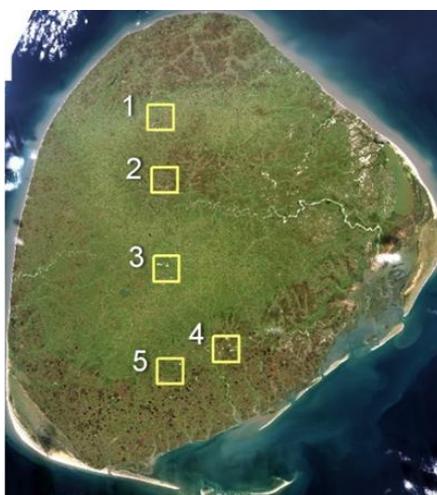


Рис. 2 – Площадки 5\*5 км, для которых рассчитывалась площадь кустарников

Самые южные площадки – в местах наибольшего распространения кустарников. Северные – наименьшего. Площадки №1, 3 и 4 были локализованы в местах крупных песчаных раздувов. Итоговое положение выбиралась так, чтобы на нем отсутствовали крупные реки, вносящие разброс в значения площади песков и воды. Для каждой площадки была посчитана площадь открытого песка, воды и кустарников. Далее эти цифры обрабатывались и анализировались в программе Excel.

Полученные данные позволили выявить закономерности изменения площади открытых песков на вершинах сопков, возникающих в следствии нарушения почвенного покрова оленями и последующего развевания песка ветром. Практически на каждой площадке наблюдалось сначала возрастание площади открытых песков, а потом ее сокращение (Рис.3).

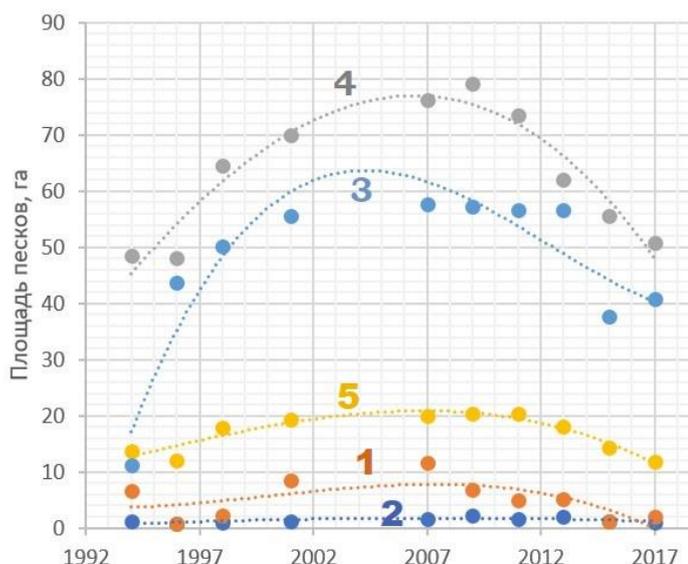


Рис. 3 – Динамика площади открытых песков. Пунктиром обозначена линия тренда

Известно, что в до 2012 г. численность оленей на острове была около 12 тыс., что почти в 2 раза превышало оленеёмкость колгуевских пастбищ [3]. В 2012-2014 гг. произошел массовый мор оленей. В результате, нагрузка на пастбища, резко спала и началось восстановление растительного покрова. В связи с этим были отдельно построены графики площади песков за период 1994 – 2011 и 2013 – 2017г. (Рис.4).

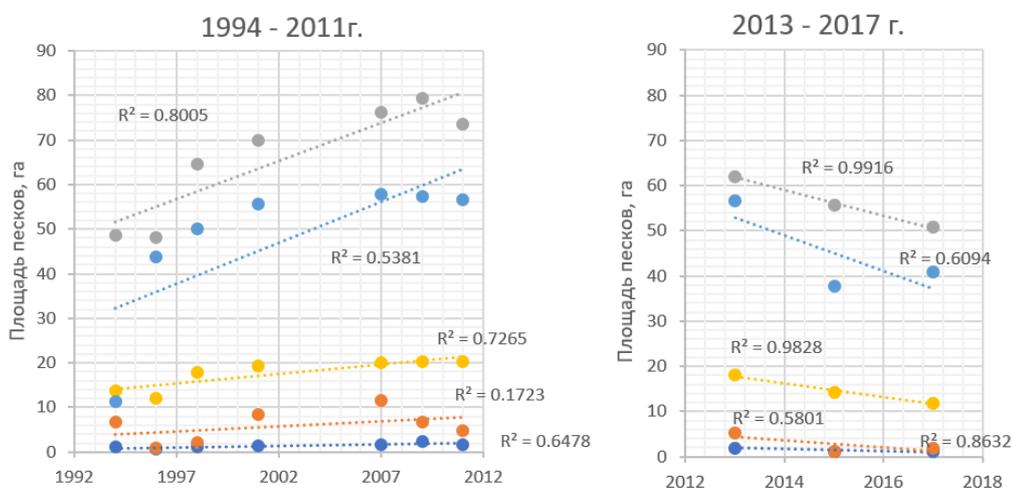


Рис. 4 – Динамика площади открытых песков за разные периоды (а, б)

На них виден явный рост площади песков до 2007 г, а затем, после 2013 г, ее сокращение. Таким образом, в ряде случаев сокращение площади песков наблюдалось уже в 2011 г., а иногда и в 2009. Этот феномен на данном этапе трудно объяснить.

Нужно обратить внимание на то, что площадь открытых песков сократилась практически до значений 1994-1996 гг. То есть наблюдается быстрое зарастание открытых поверхностей. Это согласуется с полевыми наблюдениями: многие поверхности котлов выдувания почти на половину были покрыты тонкой коркой лишайника (Рис. 5).



Рис. 5 – Зарастание открытых песков

Анализ площадей, занимаемых кустарниками, по 5 площадкам показал, что на большинстве площадок (кроме самой северной) есть тренд увеличения площади, однако ни в одном случае изменения не были статистически значимыми (Табл.1,Рис. 6).

Таблица 1 – Площадь кустарников по годам, га

Год \ № площадки	1994	1996	1998	2001	2007	2009	2011	2013	2015	2017
1	2	20	43	26	16	49	5	28	32	7
2	2	49	20	47	47	95	5	41	122	72
3	55	163	74	136	233	391	149	248	118	240
4	10	19	44	37	115	141	15	72	41	166
5	89	65	171	174	489	421	150	258	155	512

Если сравнить значения площадей до 2002 года и после 2006, для площадок с наибольшим изменением (Рис.7), то наблюдается повышение средних за период значений. Однако, различия также статистически не достоверны.

Высокий разброс значений связан с тем, что на получаемый результат сильно влияют конкретные условия времени съемки: влажность поверхности, состояние растительности: интенсивность вегетации в конкретный год и сезон вегетации.

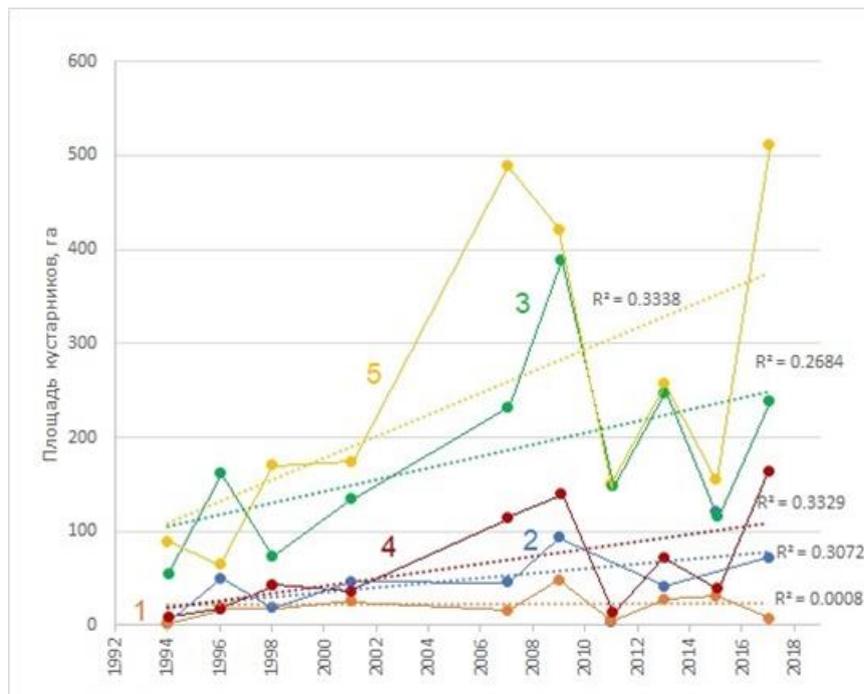


Рис. 6 – Площадь кустарников на площадках. Пунктиром обозначена линейная регрессия

В ходе работы также были получены площади водных объектов и в ряде случаев - осоковых сообществ (так как они отбивались на последнем этапе вместе с ивами). В площади озер явных закономерностей выявлено не было, значения варьировали незначительно и зависели от сезона и погодных условий конкретного года. Площади осоковых сообществ, напротив, сильно варьировали в силу того, что в зависимости от увлажненности и этапа вегетации сильно менялись спектральные характеристики.



Рис. 7 – Динамика площади кустарников на площадках №3 и 5

Таким образом, в работе были получены достоверные данные динамики площади раздуваемых песков, которая показывает хорошую корреляцию с численностью оленей; также данные показали быстрое зарастание открытых

развеваемых песков. Результаты показали хорошую применимость метода для оценки площади песков; при оценке площадей кустарниковых сообществ присутствует большая погрешность, так что метод требует модификации.

*Исследование проведено при поддержке German Federal Agency for Nature Conservation (Bundesamt für Naturschutz, BfN), award MEERESENTEN (3516821500)*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елсаков В.В. Пространственная и межгодовая неоднородность изменений растительного покрова тундровой зоны Евразии по материалам съёмки MODIS 2000–2016 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6. С. 56–72
2. Лавриненко И. А., Лавриненко О. В. Влияние климатических изменений на растительный покров островов Баренцева моря // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 6. С. 4–16.
3. Лавриненко О.В. Растительный покров оленьих пастбищ острова Колгуев преемственность исследований и современные подходы / О.В. Лавриненко, И.А. Лавриненко // Труды международной научной конференции, посвященной к 300-летию основания БИН РАН: Ботаника: История, теория, практика. СПб., 2014. С. 124–131.
4. "Позеленение" тундры как драйвер современной динамики арктической биоты / А.А. Тишков, Е.А. Белоновская, М.А. Вайсфельд и др. // Арктика: экология и экономика. 2018. № 2 (30). С. 31–44.

**ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ  
АРКТИКИ: СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

---

## СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

*Т.А. Блынская, К.О. Малинина, А.М. Максимов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [t\\_blynskaya@mail.ru](mailto:t_blynskaya@mail.ru)

Все большее внимание уделяется состоянию «социального капитала» общества [1]. Основу социального капитала составляют доверие между членами социальной группы и, разделяемые в обществе нормы и ценности. Он является базой для самоорганизации людей в целях решения общественных проблем без участия государства, влияет на экономический рост, общественное благосостояние, эффективность социальных программ, качество общественных услуг (образование, здравоохранение), психическое и физическое здоровье населения, общественную безопасность и на качество институтов и государственного управления [2]. Чем выше уровень межличностного доверия, тем прочнее горизонтальные связи [3]. Что, в свою очередь, выступает условием умножения социального капитала [4].

Одним из первых систематическую разработку концепции социального капитала осуществил французский социолог П. Бурдьё. Согласно его точке зрения, социальный капитал представляет собой совокупность реальных или потенциальных ресурсов, связанных с обладанием устойчивой сетью более или менее институализированных отношений взаимного знакомства и признания [5]. В трактовке П. Бурдьё такая сеть неформальных связей представляет собой нечто подобное закрытому «клубу», благодаря членству в котором индивиды могут конвертировать свой социальный капитал в другие виды капитала, в том числе и в экономический. Поддержка – как символическая, так и материальная – со стороны сети, члены которой осознают себя в качестве общности (иными словами обладают групповой идентичностью), достигается индивидом благодаря сохранению доверия к нему как к «своему», что подкрепляется выполнением им взятых на себя, при вхождении в группу, обязательств по отношению к другим её членам и группе в целом [5].

Концепт социального капитала получил развитие в работах американского исследователя Р. Патнэма. Он интерпретирует социальный капитал как компонент социальной системы, включающий сложившиеся социальные сети, общезначимые нормы поведения и взаимное доверие между членами сообщества. При этом Р. Патнэм делает акцент, что социальный капитал используется для облегчения координации коллективной деятельности ради взаимной выгоды, включая экономическое процветание общества [6, с. 66-67]. Р. Патнэм строит свою концепцию, базируясь на тезисе теории коллективного действия о том, что к сотрудничеству приводят общие нормы, формируемые общими действиями. Особое внимание уделено норме взаимности (взаимного обмена), он подчеркивает важность социальных контекстов сотрудничества, в которых нормы обобщенного взаимного обмена соединяются с «твердыми обязательствами» и соответственно с доверием. Он подчеркивает, что доверие генерируется в первую очередь там, где соглашения между людьми вплетены в прочную структуру личных связей и социальных контактов [7]. В своих рассуждениях о взаимном обмене Р. Патнэм ссылается на внутригрупповые эффекты — сотрудничество и доверие. В связи с этим Р. Патнэм аналитически разделяет социальный капитал на «сплачивающий группу» (*bonding social capital*) и «наводящий мосты» (*bridging social capital*) [8].

«Сплачивающий группу» (бондинговый) капитал характерен для локальных контекстов коллективных действий, например в ситуации объединения и координации усилий внутри местного сообщества или трудового коллектива по защите их узкогрупповых интересов. В этом случае, эмпирическим показателем величины

социального капитала могут выступать индексы межличностного доверия. «Наводящий мосты» (бриджинговый) капитал формируется на основе широкомасштабных социальных сетей, большого радиуса доверия (выходящего за рамки малой группы или местного сообщества) и разделяемых в обществе норм и ценностей. Он способствует созданию широких общественных коалиций, деятельность которых невозможна без опоры на различные публичные институты – профсоюзы, ассоциации предпринимателей, религиозные объединения, политические партии и т.д. Объем социального капитала данного подвида косвенно может быть измерен через уровень общего доверия (склонность доверять людям безотносительно их принадлежности к индивидуальной группе) и индексы институционального доверия. Одним из стандартных индикаторов для оценки величины социального капитала выступает также участие граждан в добровольных ассоциациях. В нашем исследовании этот индикатор не применяется, поскольку фактически не существует надежной статистики членства в общественных объединениях. Вместе с тем, по результатам проведенного нами опроса были получены значения переменных, отражающих частоту а) посещения кружков (клубов) по интересам («никогда» - 71,9%, «изредка» - 19%), б) посещения церкви («никогда» - 40,6%, «изредка» - 49,6%, в) участия в общественно-политических мероприятиях («никогда» - 57%, «изредка» - 36%). На основе этих данных можно сделать предположение о низком уровне участия в добровольных ассоциациях жителей Архангельской области. Это предположение может быть также подкреплено индексами доверия населения к институтам добровольного гражданского участия (партии, профсоюзы, религиозные объединения).

Расчет индексов межличностного доверия<sup>1</sup>, используемых нами для оценки величины бондингового капитала, демонстрирует тенденцию к снижению уровня доверия по мере перехода от первичных малых групп (родственники, друзья), для которых характерна неформальная коммуникация, к вторичным – с присущими им более формализованными и ритуализированными коммуникациями. Причем в последнем случае заметен разрыв в уровне доверия в зависимости от регулярности коммуникаций: индекс доверия коллегам по работе более чем втрое превышает индекс доверия соседям по дому (Рис. 1). Представленные данные в основном согласуются с общероссийскими показателями последнего десятилетия [9]

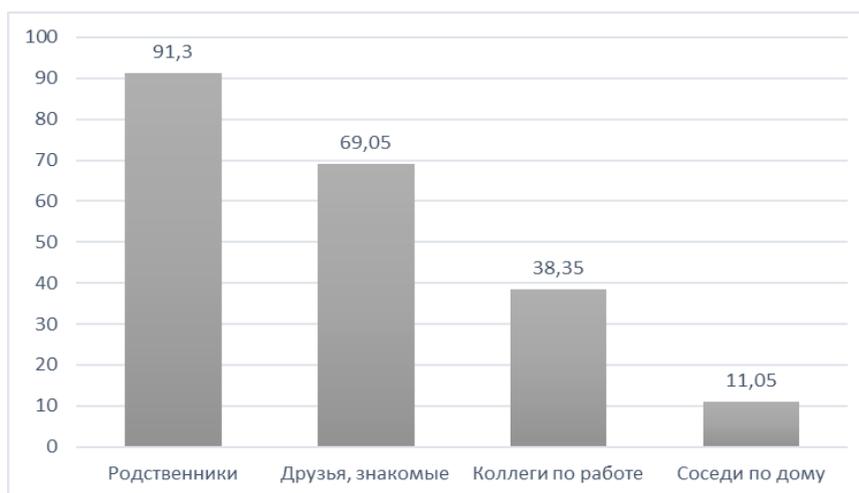


Рис. 1 - Уровень межличностного доверия (индексы доверия отдельным категориям лиц из ближайшего социального окружения), 2018 г., ФИЦКИА РАН

<sup>1</sup> Опрос под руководством авторов статьи был проведен в марте-мае 2018 г. В шести муниципальных районах Архангельской области, включенных в состав АЗРФ. Объем выборки составил 407 человек. Ошибка выборки не превышает 5%.

При уточняющих вопросах, когда в качестве объектов доверия рассматриваются ребенок и оформление кредита<sup>2</sup>, мнения несколько разделились. Респонденты отмечают, что могли бы доверить ребенка своим друзьям и знакомым (значение индекса = 47), но на финансовые риски с ними же, пойти не готовы (значение индекса = -46). Таким образом, опрошенные демонстрируют доверие к категории «друзья, знакомые» в личных отношениях и недоверие в финансовых (деловых) вопросах. Эта, на первый взгляд, парадоксальная ситуация может быть отчасти объяснена через данные о самооценке уровня доходов, которые показали, что значительная часть респондентов отнесла себя к категории людей, которым собственных доходов хватает лишь на продукты питания и одежду (47%). Соответственно, можно предположить, что люди, занятые, в большей степени, вопросами выживания, «сведения концов с концами» в современной нестабильной экономической ситуации ориентированы, прежде всего, на то, как добыть и сохранить финансы, и необходимость оставить ребенка на попечение кому бы то ни было, как правило, связывается именно с необходимостью отправиться на заработки. По отношению к категории «родственники» тенденция похожая, но менее выраженная: ребенка доверили бы в большинстве случаев (значение индекса = 92), тогда как финансовые обязательства готовы взять на себя с меньшим желанием (значение индекса = 38) (Рис. 2).



Рис. 2 - Уровень межличностного доверия (индексы на основе ответов о готовности доверить малолетнего ребенка и оформить на себя кредит для другого лица), 2018 г., ФИЦКИА РАН

В целом можно отметить, что в Архангельской области социальный капитал воспроизводится главным образом через поддержание сетей родственных и дружеских связей, тогда как номинальная принадлежность к территориальной группе (соседи по дому) не ведет к формированию устойчивой сети взаимной поддержки и доверия, не формирует групповую идентичность и, как следствие, групповую сплоченность, а значит не может служить источником социального капитала. Можно предположить, что низкий уровень доверия к соседям препятствует возникновению сетей социального взаимодействия на уровне более крупных территориальных сообществ – поселковых и городских. Как следствие, на обследованных территориях Архангельской области под вопросом оказываются разнообразные проекты ТОСов (с точки зрения их создания снизу, а не в рамках плановой работы местных администраций), общественных

<sup>2</sup> Индексы рассчитаны по формуле: ответы («да» + ½ «скорее да») минус (½ «скорее нет» + «нет»).

городских пространств, локальных бизнес-проектов, требующих общественной поддержки (или, по крайней мере, лояльности к ним).

Как было указано выше, его индикаторами бриджингового капитала могут служить общий уровень доверия согражданам и уровень доверия ключевым политическим и социально-экономическим институтам.

Что касается общего уровня доверия в Архангельской области, то он хотя и несколько выше, чем в среднем по России (доля согласившихся с утверждением «Большинству людей можно доверять» составила 28,6% против общероссийского значения в 22%), тем не менее достаточно низкий по сравнению со странами с развитой сетью добровольных гражданских ассоциаций и низовых общественных инициатив. Так в США этот показатель равен 34,8%, в Германии – 44,6%, в Швеции – 60,1% (данные World Values Survey, 2010-2014 гг.) [9].

В Архангельской области значительная часть респондентов демонстрирует доверие к президенту Российской Федерации<sup>3</sup> (доверяю – 41,9 % и скорее доверяю 33,1 %), армии (43,6 и 29,7 % соответственно) и органам госбезопасности и спецслужбам (28,4 и 38,8 % соответственно). В наименьшей степени опрошенные доверяют СМИ (не доверяю 36,7 % и скорее не доверяю 26,9 %), политическим партиям (32,5 и 25,2 %) и крупному бизнесу (29,8 и 24,2 %). Индексы доверия к институтам, в наибольшей степени отражающим уровень накопления бриджингового социального капитала, - малый и средний бизнес, профсоюзы, религиозные объединения – также отличаются весьма низкими значениями.

Таким образом, в отношении Архангельской области в части уровня сформированности в регионе социального капитала могут быть сделаны такие же выводы, какие исследователи делают и по отношению к России в целом – сочетание относительно высокого уровня бондингового социального капитала при дефиците бриджингового социального капитала [9]. Красноречивым свидетельством этого выступают также данные, полученные нами по индикатору взаимопонимания, косвенно отражающему относительную силу различных групповых идентичностей (Рис. 3).

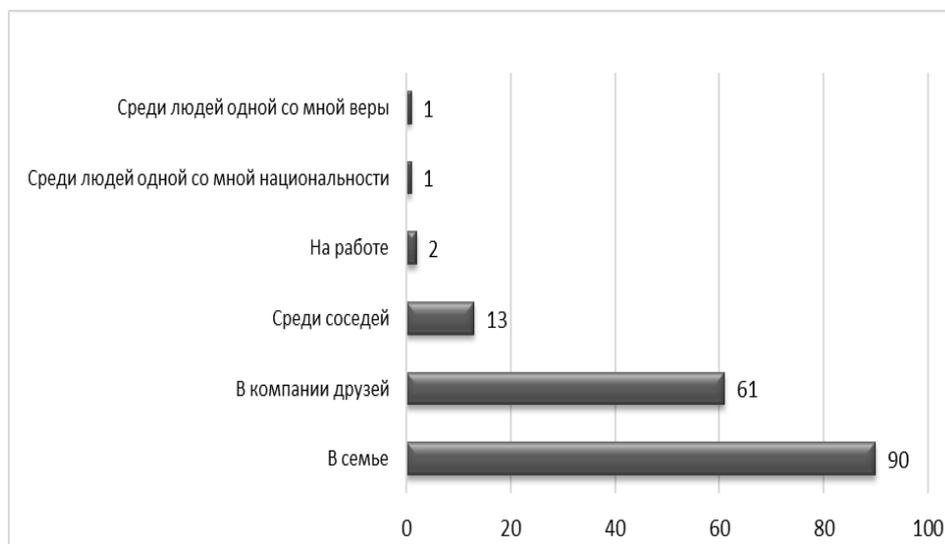


Рис. 3 - Ответ респондентов на вопрос: «Среди каких людей Вы встречаете наибольшее взаимопонимание?», % от числа ответивших, 2018 г., ФИЦКИА РАН

<sup>3</sup> Индексы доверия были построены по формуле: ответы («полное доверие» + ½ «неполного доверия») минус (½ «неполное доверие» + «полное недоверие»). В основу была положена методика Левада-Центра: Гудков Л. «Доверие» в России: смысл, функции, структура. Вестник общественного мнения. – 2012 – № 2. – С. 12.

Следует отметить, что уровень доверия в обществе, как и уровень доверия к отдельным общественным институтам – медленно изменяющиеся параметры. Так, согласно исследованиям, проводимым на протяжении более 20 лет Левада-Центром, недоверие по отношению к согражданам в среднем остается достаточно высоким на протяжении всего постсоветского периода развития страны, также как и сохраняется высокий уровень декларируемого доверия к трем особо значимым символическим институтам: главе государства, церкви и армии [10]. Как следствие, мы можем обоснованно полагать, что результаты нашего опроса отражают среднесрочное состояние дел в сфере воспроизводства социального капитала для обследованных территорий.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания (№ - АААА-А19-119020490098-1).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдые П. Формы капитала // Экономическая социология. 2005. Том 3. № 5. С. 60-74.
2. Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики «Бондинг» и «бриджинг» социального капитала. Режим доступа: <https://www.hse.ru/news/science/27404804.html>
3. Мышляева Т.В. Доверие в современном обществе: подходы к анализу // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2006. №1. С. 301-307.
4. Полищук Е.А. Социальный капитал и его роль в экономическом развитии // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2005. Сер. 5. Вып. 1. С.10-16.
5. Bourdieu P. The forms of capital // Richardson. J. Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education. Westport, CT: Greenwood, 1986. P. 241-258.
6. Putnam, R. D. Bowling Alone: America's Declining Social Capital // Journal of Democracy. – 1995. - №6 (1). – P. 65-78.
7. Блок М., Головин Н. А. Социальный капитал: к обобщению понятия // Вестник Санкт-Петербургского университета. Теория, методология и история социологии. 2015. Сер. 12. Вып. 4. С. 99-111.
8. Putnam R. D. Bowling alone: The Collapse and Revival of American Community. New York, Simon & Schuster, 2000. 541 p.
9. Социокультурные факторы инновационного развития и успешной имплементации реформ // Отчет Центра стратегических разработок. М., 2017. 187 с. Режим доступа: <https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/09/Report-SF.pdf>
10. Гудков Л. «Доверие» в России: смысл, функции, структура. Вестник общественного мнения. 2012 № 2. С. 8-47.

#### **РЕПРОДУКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ НАСЕЛЕНИЯ КАК УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАСЕЛЕННОСТИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА**

*О.В. Губина. А.А. Проворова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [welcomeforyou@yandex.ru](mailto:welcomeforyou@yandex.ru)

Укрепление российских позиций в Арктике и возможность полномасштабной реализации проектов хозяйственного освоения возможны при наличии человеческих ресурсов и обеспечении заселенности территории. Особенностью хозяйственного освоения арктических территорий является неравномерное размещение населения.

Площадь наиболее освоенных территорий, на которых проживает 75% населения, составляет всего 0,7% площади Арктики [1]. Кроме того, современной тенденцией пространственной организации является уплотнение системы расселения наряду с сокращением общей его численности, что повышает риски опустынивания территории и последующей ее деградации.

Сокращение численности населения Арктики, помимо миграционной активности, обусловлено сокращением темпов рождаемости. Важной особенностью динамики рождаемости в арктических регионах РФ является сокращение рождаемости вторых и третьих детей в семье, увеличение среднего возраста матери, более высокий, чем в среднем в стране, уровень прерывания беременности. Решение данной проблемы отчасти лежит в изучении внутренних и внешних факторов, оказывающих влияние на данные процессы.

Цель настоящего исследования заключается в изучении внутренних установок населения арктических регионов, определяющих их репродуктивное поведение. Под репродуктивным поведением следует понимать систему действий и отношений, опосредующих рождение или отказ от рождения ребенка в браке или вне брака [2]. В свою очередь репродуктивная установка в научных исследованиях рассматривается как психический регулятор репродуктивного поведения, готовность индивида к тому, чтобы в конкретных условиях жизнедеятельности иметь то или иное число детей в определённые сроки, исходя из потребности в детях [3]. Являясь социально-психологической основой рождаемости, репродуктивное поведение формируется под воздействием ряда факторов, ведущим из которых В.А. Борисов определяет потребность в рождении детей [4]. В данном аспекте имеет значение исследование разницы между желаемым и ожидаемым количеством детей в семье. В случае, если число рожденных детей соответствует потребности супругов в детях, то никакое улучшение условий не будет способствовать повышению их числа. Если число имеющихся детей меньше потребности, создание необходимых условий для реализации данной потребности приведет к повышению уровня рождаемости.

С целью выявления поведенческих установок и ценностных ориентаций населения Арктики, направленных на рождение детей, а также обоснования роли факторов, сдерживающих и стимулирующих этот процесс, в апреле 2019 г. было проведено социологическое исследование методом анкетирования. Опрос охватил 7 муниципальных образований Архангельской области, входящих в Арктическую зону Российской Федерации (г. Архангельск, г. Северодвинск, г. Новодвинск, городской округ Новая Земля, Приморский район, Онежский район, Мезенский район), а также Ненецкий автономный округ. Выборочная совокупность составила 406 респондентов в возрасте старше 15 лет. Максимальная ошибка выборки составила 5%.

В данной статье представлены результаты исследования репродуктивного поведения населения, находящегося в возрасте от 15 до 49 лет в числе 254 человек.

Согласно полученным данным, в арктических муниципалитетах Архангельской области и Ненецкого автономного округа преобладает малодетный (1-2 ребенка) тип репродуктивного поведения (Табл.1).

Таблица 1 – Репродуктивные планы населения арктических муниципалитетов Архангельской области и Ненецкого автономного округа, % от числа ответивших

	Планируемое количество детей	Желаемое количество детей
Не хочу иметь детей	7,9	2,0
Один ребенок	18,9	8,7
Два ребенка	52,4	33,1
Три ребенка	16,5	39,8
Четыре и более	4,3	16,5

Так, на вопрос о планируемом количестве детей с учетом реальных жизненных обстоятельств, 71% респондентов ответили, что в их жизненные планы входит (или входило) рождение одного или двух детей. Важным элементом ценностных ориентаций индивида в отношении репродуктивного поведения является желаемое количество детей, то есть количество, определяемое личными потребностями, вне зависимости от обстоятельств жизни и личной биографии. Разница между желаемым и планируемым количеством детей составляет потенциал роста рождаемости, а выявление соответствующих стимулов и барьеров, их характеристика в зависимости от пола, возраста, уровня образования и места жительства позволят разработать государственную систему поддержки повышения рождаемости в арктических регионах. Результаты проведенного исследования показали, что реальные потребности населения в детях несколько выше, чем они могут себе позволить. В случае благоприятных материальных и иных условий, готовность иметь троих и более детей выразили более 56% респондентов, что в 2,7 раза больше, чем при анализе реальных планов населения иметь данное количество детей. Соответственно, репродуктивные установки населения, не желающего иметь детей вообще или имеющих в планах родить одного ребенка сократилась с 26,8% до 10,7%.

Необходимо отметить факт, что репродуктивные планы населения с возрастом несколько изменяются. Так, среди опрошенного населения в возрасте от 15 до 29 лет, преобладает малодетный тип репродуктивного поведения. Потребность в рождении одного-двух детей отметили 79% респондентов в возрасте 15-19 лет и 62% ответивших в возрасте 20-29 лет. Также для данных возрастных категорий в наибольшей степени характерны «чайлдфри» - установки. Нежелание иметь детей вообще выразило 14,3% респондентов в возрасте 15-19 лет и 23% в возрасте 20-29 лет. Отмечается, что население в старше 30 лет больше ориентировано на многодетную семью – около 80 % респондентов в возрасте от 30 до 49 лет в качестве своих репродуктивных планов определили рождение двух и более детей, около 10% опрошенных в возрасте 40-49 лет определило в качестве приоритета рождение четверых и более детей.

Анализ репродуктивных установок населения различных возрастных категорий между желаемым и реально планируемым количеством детей позволяет оценить перспективные возможности повышения числа рождений при условии создания благоприятных условий. На представленной диаграмме отражена разность в репродуктивных установках на рождение определенного количества детей среди населения различных возрастных категорий (Рис.1). Отрицательные значения свидетельствуют о снижении доли респондентов, имеющих установку на рождение определенного числа детей при наличии благоприятных условий. Положительные значения – соответственно об увеличении доли респондентов, имеющих ту или иную репродуктивную установку.

Исследование показало снижение доли респондентов среди молодежи (до 29 лет), не желающих иметь детей вообще или планирующих одного ребенка при наличии всех благоприятных условий, а также увеличение репродуктивных планов в отношении рождения трех и более детей, что является благоприятной тенденцией. Однако следует отметить, что преобладающим типом репродуктивного поведения населения данного возраста является малодетная семья (1-2 ребенка), что в итоге не обеспечит естественное воспроизводство населения. В свою очередь, население старше 30 лет при создании условий может быть ориентировано на рождение в семье трех и более детей. Так, доля респондентов, планирующих трех и более детей в возрасте 30-49 лет при наличии всех возможностей в среднем увеличилась в 2 раза.

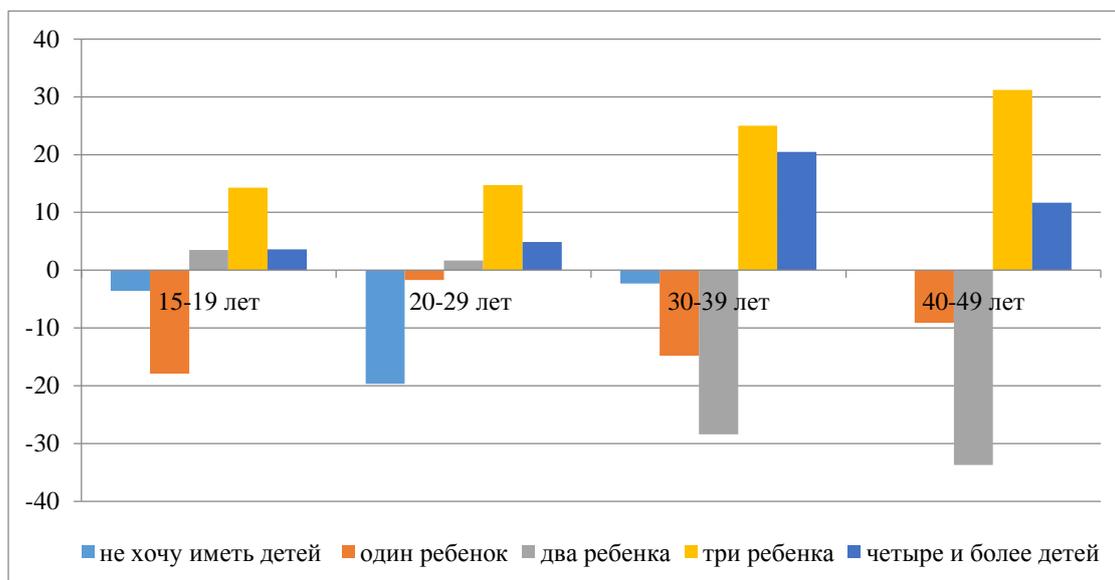


Рис. 1 – Соотношение желаемого и планируемого количества детей населения разных возрастных категорий, % от числа опрошенных

С целью разработки системы рекомендаций, направленных на стимулирование рождаемости, необходимо выявить причины, оказывающие влияние на репродуктивные установки населения. Авторами была разработана классификация факторов, сдерживающих и стимулирующих рождение детей. В структуре причин, сдерживающих рождение детей авторами были выделены следующие группы: *экономические* (уровень дохода, жилищные условия); *социальные условия* (уровень и качество медицинского обслуживания, дошкольного образования, социальных услуг); *матримониальное положение* (наличие спутника жизни, с которым хотел бы иметь детей); *нацеленность на карьерный рост и получение образования*; *социально-психологические* (состояние собственного здоровья, боязнь не вынашивания беременности или рождения нездорового ребенка); *уровень стабильности экономической и политической ситуации* (уверенность в завтрашнем дне); *ценностные ориентации* (удовлетворение потребности в детях).

Как показали результаты исследования, в основе причин, сдерживающих рождение детей, лежат экономические, а именно недостаточный уровень дохода (20,5% ответов) и стесненные жилищные условия и невозможность их улучшить (15,3% от всех полученных ответов) (Рис.2). Также население волнует неустойчивость социально-экономической ситуации в регионе, которая выражается в неуверенности в будущем, что осложняет формирование стабильных планов населения, в том числе репродуктивных. Также сопоставима по значению роль ценностных установок, характеризующих удовлетворение потребности в детях на данный момент. Большая часть респондентов в данной группе причин указали, что уже имеют столько детей, сколько планировали.

Было отмечено, что значение сдерживающих деторождение факторов изменяется в зависимости от возраста респондента. Так, для молодого населения в возрасте до 29 лет, основными сдерживающими факторами являются недостаточный уровень дохода и получение в данный момент образования. Также, по сравнению с другими возрастными категориями, велик вес фактора, характеризующего матримониальный статус индивида, а именно отсутствие рядом человека, с которым хотел бы иметь детей. С возрастом, наряду с экономическими факторами, которые

характеризуют уровень благосостояния и жилищные условия, для населения возрастает роль факторов, касаемых состояния здоровья и социально-экономической стабильности в обществе.



Рис. 2 – Основные причины, сдерживающие рождение детей среди населения репродуктивного возраста, % ответов

Среди основных причин, стимулирующих рождение детей, были рассмотрены следующие: *семейные традиции и влияние модели родительской семьи, боязнь остаться одному, материальная поддержка со стороны государства (субсидии и льготы), соблюдение религиозных норм и традиций, социальные ожидания, способ сохранения семьи, возможность сохранения собственного здоровья, популяризация семейных ценностей в обществе, внутренние мотивы.*

Как показала анализ, основным мотивом рождения детей стало воспроизводство семейной модели деторождения, а также внутренние мотивы, удовлетворяющие потребность в детях: около 30% ответов касались того, что стимулом для рождения ребенка стали семейные традиции и около 40% того, что стимулом явилось простое желание иметь детей (Рис.3). По отношению к остальным причинам, несколько выделяются такие как страх одиночества, социальные ожидания («быть как все»), а также способ сохранения семьи, которые получили по 7% от всех ответов.

Необходимо также отметить некоторую трансформацию в структуре основных мотивов к деторождению с увеличением возраста респондентов. Наряду с сохранением преобладающих мотивов (семейные ценности и простое желание удовлетворить собственные родительские потребности), с возрастом снижается значимость такого мотива как боязнь остаться одному и увеличивается роль социальных ожиданий, которые предъявляет человеку общество («вынуждает возраст», «у всех друзей уже есть дети», «родители хотят иметь внуков» и прочее). Нужно заметить, что, несмотря на высокую роль сдерживающих факторов, характеризующих благосостояние населения, значение материальных стимулов рождения детей невелико. Это может свидетельствовать о недостаточной удовлетворенности населения созданными государством материальными условиями в сфере материнства и детства.

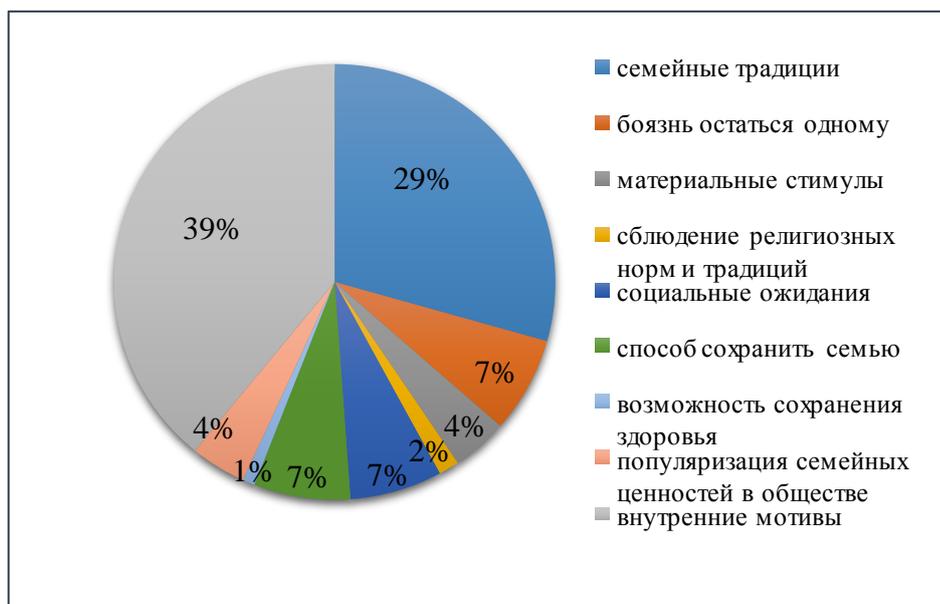


Рис. 3 – Основные причины, стимулирующие рождение детей среди населения репродуктивного возраста, % ответов

Проведенное исследование показало наличие определенного потенциала в вопросах повышения рождаемости, о чем свидетельствуют изменения репродуктивных установок населения в сторону увеличения количества детей в семье при создании благоприятных условий. Вместе с тем, отмечается неблагоприятная тенденция в отношении репродуктивных установок молодого населения до 29 лет, определяющая в качестве приоритета малодетный тип семьи (один-два ребенка). Учитывая, что в этом возрасте в настоящее время находится малочисленное поколение, рожденное в 90-х годах прошлого века, полученные результаты наблюдений будут свидетельствовать об усиливающейся перспективе депопуляции населения и дальнейшем опустынивании арктических территорий. Рассматривая факт, что побуждением к рождению детей в большинстве случаев являются внутренние мотивы, нацеленные на удовлетворение потребности в детях, наибольшее внимание при разработке механизмов стимулирования рождаемости в арктических регионах следует уделить нивелированию процессов, сдерживающих процесс рождения детей. В данном случае это укрепление социально-экономической ситуации в макрорегионе, повышение уровня и качества жизни, выражающиеся в улучшении благосостояния и жилищных условий населения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фаузер В. В., Лыткина Т. С., Смирнов А. В. Дифференциация арктических территорий по степени заселенности и экономической освоенности // Арктика: экология и экономика. 2017. № 4 (28). С. 18—31.
2. Репродуктивный потенциал населения региона: состояние, тенденции, перспективы / Коллектив авторов под рук. д.э.н. В.А. Ильина. Вологда. ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2005. с.82
3. Демографический понятийный словарь / Под ред. Л.Л. Рыбаковского.-М. ЦСП. 2003. с.250
4. Борисов В.А. Перспективы рождаемости. / В.А. Борисов. М, 1976.248 с.

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ. ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ДЛЯ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

А.Н. Карнатов, А.А. Шавыкин

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Мурманск, karnatov@mmbi.info

Карты уязвимости прибрежно-морских зон от нефти [1] играют важную роль при ликвидации разливов нефти (ЛРН), позволяя минимизировать ущерб от разлива и от операций по ЛРН. Во многих странах используются такие карты, но при их подготовке используются ранговые величины и с ними проводятся арифметические действия. Анализ подхода показал [2, 3] – рассчитанные так карты не корректны, т.к. арифметические операции с рангами недопустимы. Предлагаемая ниже методика построения карт уязвимости основана на использовании метрических величин и представлена на примере Кольского залива. Основные этапы ее алгоритма следующие.

1. *Определение перечня основных учитываемых объектов* – важных компонентов биоты (ВКБ), особо значимых объектов (ОЗО) и природоохранных территорий (ПОТ). Для Кольского залива ВКБ – это следующие экологические группы: макрофитобентос, зообентос (макрозообентос; мегазообентос мобильный; мегазообентос немобильный), птицы (водные; околководные чайковые; околководные кулики) [3]. Не учитываются ихтиофауна и морские млекопитающие (данных об их распределении в заливе нет). Фито- и зоопланктон не рассматриваются в силу большой скорости их восстановления [1]. Среди ОЗО выделены: портовые сооружения и прилегающие к ним акватории (участки шириной 150 м); устья нерестовых рек семги; районы размножения крабов и развития их личинок; места гнездования и концентрации выводков обыкновенных гаг [3]. ПОТ в Кольском заливе отсутствуют, поэтому в расчетах не учитывались.

2. *Определение границ сезонов для картографируемого района* для учитываемых компонентов биоты выполняется по постоянству плотности их распределения, для абиотических объектов – по их сезонному положению. С учетом этого определены границы сезонов для расчета карт интегральной уязвимости Кольского залива (Табл. 1).

3. *Построение сезонных карт распределения обилия ВКБ, расположения ОЗО и ПОТ.* На основе информации о сезонном распределении биоты построены исходные карты плотности распределения ВКБ в принятых для соответствующих групп единицах измерения (фитобентос – в кг/м<sup>2</sup>, зообентос – в г/м<sup>2</sup>, птицы – в экз./км<sup>2</sup>) [3]. Все исходные данные нормировали на среднегодовое обилие соответствующих групп биоты [3, 4]. Карты расположения ОЗО построены на основе доступных данных [3].

4. *Расчет коэффициентов уязвимости биоты  $V_b^g$  и экспертная оценка коэффициентов приоритетной защиты ОЗО  $V_c^e$  и ПОТ  $V_d^f$ .* Коэффициенты  $V_b^g$  вычисляли по формуле:  $V_b^g = (E^g \cdot R^g) / S^g$ , где:  $E^g$  – потенциальное воздействие нефти на биоту;  $R^g$  – восстанавливаемость биоты;  $S^g$  – чувствительность биоты (Табл. 2). Значения коэффициентов  $V_c^e$  и  $V_d^f$  на данном этапе приняты равными 1 (по нашим оценкам значимость учитываемых ОЗО для экосистемы и человека примерно одинакова) [3]. Предварительно принимается модель поведения нефти в воде при разливе в картографируемом районе. От нее зависит оценка коэффициентов уязвимости биоты. Для залива строились карты уязвимости для средней по плотности нефти. Слой скачка плотности морской воды в заливе находится на глубине 5–10 м и препятствует проникновению нефти на глубину, поэтому разлитая нефть в основном будет оставаться и трансформироваться в слое до 5 м, действуя на биоту на поверхности воды, до глубины 5 м в водной толще и сублиторали, а также на литорали [3].

Таблица 1 – Деление года на сезоны для построения карт интегральной уязвимости Кольского залива [3]

Учитываемые объекты	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Компоненты биоты</i>												
Макрофитобентос												
Макрозообентос												
Мегазообентос (немобильный)												
Мегазообентос (мобильный)												
Водные птицы												
Околоводные (чайковые) птицы												
Околоводные (кулики) птицы												
<i>Особо значимые объекты</i>												
Акватории, прилегающие к портовым сооружениям												
Районы, важные для проходных рыб												
Участки восстановления камчатского краба												
Места концентрации выводков обыкновенных гаг												
Сезоны для построения карт интегральной уязвимости	Зима	Ранняя весна	Весна	Лето	Осень	Зима						

Примечание: разным цветом отмечены периоды с различным пространственным распределением плотности биоты и периоды приоритетной защиты ОЗО

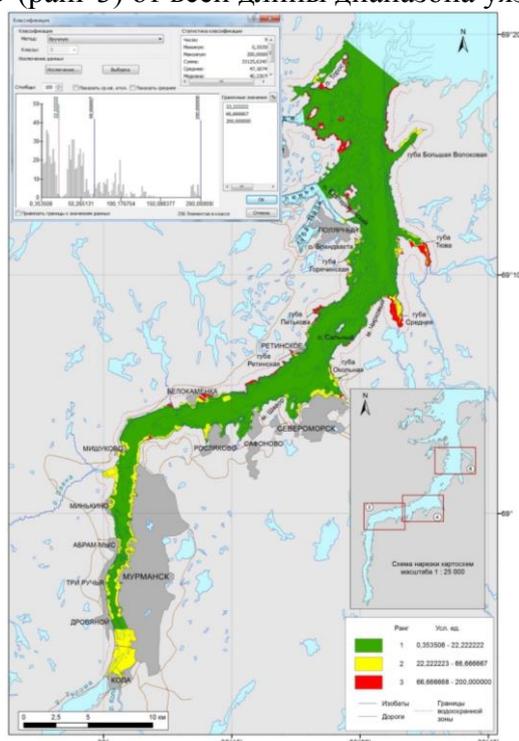
Таблица 2 – Оценки параметров уязвимости ( $S^g$ ,  $E^g$ ,  $R^g$ ) и итоговые коэффициенты уязвимости биоты ( $V_b^g$ ) Кольского залива [3, 5]

Биота	LC <sub>50</sub> , мг/л	LT <sub>50</sub> , мкм	$S^g$	$E^g$ , %	$R^g$ , год	$V_b^g$
ПДК = 0.05 мг/л						
Макрофитобентос	550 (100–1000)	–	11 000	70	5	3.2
Макрозообентос: полихеты двустворчатые моллюски гастроподы	290 (10–100)	–	5 800	40	4	2.8
	(50–500)	–	–	–	–	–
	(100–1000)	–	–	–	–	–
Мегазообентос немобильный: двустворчатые моллюски гастроподы	410 (50–500)	–	8 200	60	4	2.9
	(100–1000)	–	–	–	–	–
Мегазообентос мобильный (ракообразные)	55 (10–100)	–	1 100	10	3.5	3.2
ПДТ = 0.04 мкм						
Водные птицы	–	25	625	90	2	28.8
Околоводные (чайковые) птицы	–	25	625	35	3	16.8
Околоводные (кулики) птицы	–	25	625	35	3	16.8

Примечание: цифры без скобок – среднее, цифры в скобках – диапазон значений; LC<sub>50</sub> – летальная концентрация; LT<sub>50</sub> – толщина пленки нефти, вызывающая 50%-ю гибель птиц; ПДК – предельно допустимая концентрация; ПДТ – предельно допустимая толщина пленки нефти, не влияющая на жизнедеятельность птиц;  $S^g = LC_{50}/ПДК$  – для бентоса;  $S^g = LT_{50}/ПДТ$  – для птиц;  $V_b^g = (E^g \cdot R^g / S^g) \cdot 100$

5. Построение сезонных карт уязвимости ВКБ, приоритетности защиты ОЗО и ПОТ. Для карт уязвимости биоты по сезонам «суммировали» карты распределения ВКБ (макрофитобентоса, зообентоса и птиц), умноженные на соответствующие коэффициенты уязвимости. Эти карты нормировали на максимальные значения уязвимости за соответствующий сезон (зима, ранняя весна, весна, лето или осень) и получали сезонные карты относительной уязвимости биоты. При нормировке на максимальное значение уязвимости за год получали сезонные карты абсолютной уязвимости. Аналогично поступали с построением карт приоритетности защиты ОЗО.

6. Расчет сезонных карт интегральной уязвимости картографируемого района. Для получения карт относительной интегральной уязвимости акватории выполняли «сложение» карт относительной уязвимости ВКБ и приоритетности защиты ОЗО для каждого сезона, умноженные на коэффициенты относительной значимости компонентов экосистемы (ВКБ и ОЗО). Для залива они экспертно приняты равными 1 (считая вклад ВКБ и ОЗО в уязвимость одинаковым). Диапазон интегральной уязвимости для каждого сезона делили на три поддиапазона. Поддиапазонам с максимальной уязвимостью присвоен ранг 3, с минимальной – 1. Полученные сезонные тактические (масштаб 1:150 000) карты (Рис. 1) могут применяться в качестве общего инструмента ЛРН при относительно больших разливах. Для карт абсолютной интегральной уязвимости выполняли «сложение» карт абсолютной уязвимости ВКБ и приоритетности защиты ОЗО для каждого сезона, также умноженные на коэффициенты относительной значимости ВКБ и ОЗО (1:1). Единый диапазон уязвимости для всех сезонов, как и выше, делили на три поддиапазона. Карты абсолютной интегральной уязвимости предназначены для природоохранных целей и как вспомогательные при ЛРН. Представление итоговых результатов расчета карт интегральной уязвимости зависит от метода деления общего диапазона интегральной уязвимости на поддиапазоны (от классификации полигонов по уязвимости). В нашем случае выбрана классификация методом «1/9-2/9-6/9», что соответствует длинам поддиапазонов в 1/9 (ранг 1), 2/9 (ранг 2) и 6/9 (ранг 3) от всей длины диапазона уязвимости (Рис. 1, 2).



В верхнем левом углу – распределение количества полигонов (ось Y) в зависимости от значений их интегральной уязвимости (ось X)

Рис. 1 - Тактическая карта относительной интегральной уязвимости акватории Кольского залива от воздействия нефти летом (VI–VIII).

При этом исходили из того, что желательно, чтобы в каждом небольшом районе на тактической карте были участки с минимальными и максимальными рангами. Полученные при такой классификации карты не в полной мере решают эту задачу, требуются дополнительные исследования в этом направлении. Возможно, следует использовать метод равных интервалов. В любом случае алгоритм деления должен быть строгим, воспроизводимым и должен быть описан.

Согласно рекомендациям (ИМО, ИРЕСА), при небольших разливах и при завершении любых других, следует применять объектные карты уязвимости, которые используются на месте ликвидации разливов (Рис. 2).

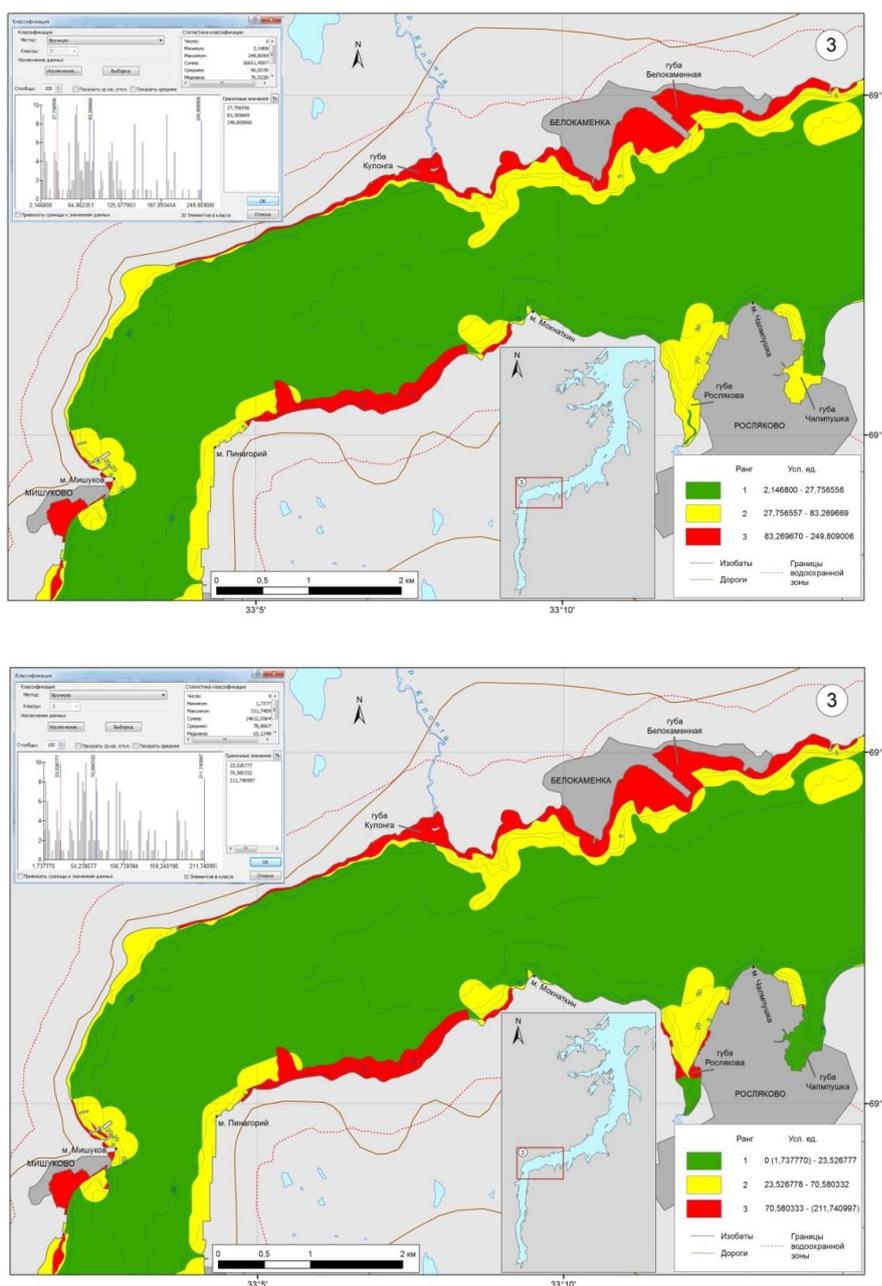


Рис. 2 – Объектные карты относительной (верхний рисунок) и абсолютной (нижний) интегральной уязвимости акватории района 3 Кольского залива от воздействия нефти летом (VI–VIII)

*Исследование проведено в ходе выполнения Госзадания Минобрнауки РФ (№ 0228-2019-0029)*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), International Maritime Organization (IMO), International Association of Oil & Gas Producers (OGP). Sensitivity Mapping for Oil Spill Response/London: IPIECA, 2012. 34 p.
2. Shavykin, A.A., Karnatov A.N. Main development problems of vulnerability mapping of sea-coastal zones to oil spills // J. of Mar. Sci. Eng. 2018, № 6(4). 115. Doi: <http://doi.org/10.3390/jmse6040115>.
3. Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение / Под ред. д-ра геогр. наук Шавыкина А.А.; ММБИ КНЦ РАН / СПб.: Реноме, 2018. 520 с. Doi: <https://doi.org/10.25990/renomespb.w0pj-zq52>
4. Шавыкин А.А., Карнатов А.Н. Карты уязвимости прибрежно-морских зон от нефти – важный элемент экологического сопровождения освоения шельфа. Проблемы и решения по разработке карт / Настоящий сборник
5. Калинка О.П., Карнатов А.Н. Оценка коэффициентов уязвимости биоты Кольского залива от воздействия нефти / Перспективные направления исследований экосистем арктических и южных морей России. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2016. С. 43-50.

### **РЕГИОН ТИХООКЕАНСКОЙ АРКТИКИ И БЕРИНГОВА ПРОЛИВА: ТРАНСГРАНИЧНАЯ КООПЕРАЦИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННОМ ОСВОЕНИИ И РЕШЕНИИ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

*Б.Х. Краснопольский*

Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН,  
г. Хабаровск, [boriskrasno@gmail.com](mailto:boriskrasno@gmail.com)

В докладе излагаются результаты проведенного исследования, в качестве которых выступают методы, механизмы и модели формирования трансграничных кооперационных связей между Россией и США в развитии арктического сектора Тихого океана и Берингийского региона как специфической контактной зоны Евразийского и Американского континентов. Основным подходом к решению данной проблемы является предлагаемая система проведения опережающих строго структурированных на известной триаде «природа-человек-общество» международных исследований. Подобный подход отражает реальное состояние природно-экологической, политико-экономической и социальной ситуации в данном арктическом секторе и дает возможности более результативно оценить экологические последствия его хозяйственного освоения.

Как известно, наиболее развитой формой международного сотрудничества сопредельных пространственных природно-хозяйственных образований на региональном и локальном уровнях является трансграничное сотрудничество, начиная от его первичных до более развитых стадий. В системе законодательных актов РФ оно определяется Федеральным законом от 26 июля 2017 г. N 179-ФЗ «Об основах приграничного сотрудничества».

Виды этого сотрудничества отличаются различными по уровню развития механизмами тесно взаимосвязанных во времени и пространстве межрегиональных взаимоотношений, которые закрепляются в законодательствах сопредельных территорий и фиксируются созданием соответствующих международных институциональных структур.

Процессы развития трансграничного сотрудничества прямо связаны с возникновением соответствующих политико-экономических предпосылок и возможностей перейти от стадии обмена информацией и начальных форм кооперации к стадии более тесных совместных действий. Развитие координации и кооперации возможно здесь во многих сферах региональных экономик, технологических инноваций, решения экологических проблем и охраны природы, регулирования международного общения в политической, общественной и духовной жизни и др.

Что касается арктического сектора Тихого океана, то здесь прежде всего имеется в виду регион Берингова пролива, в состав которого включают со стороны России Чукотский полуостров, расположенный на крайнем северо-востоке материка Евразия. Он омывается Чукотским морем Северного Ледовитого океана с севера и Беринговым морем Тихого океана с юга. Территория полуострова входит в субъект Российской Федерации - Чукотский автономный округ. На полуострове расположены Провиденский и Чукотский административные районы округа. На начало 2018 г. население обоих районов составляло 8,3 тыс. чел. К региону Берингова пролива также относится граничащий с ними полуостров Стьюарда в штате Аляска, административно представленный 16 поселениями с общей численностью на начало 2018 г. – 7,5 тыс. чел, среди которых первое место по численности населения занимает поселок Ном (3,7 тыс. чел.).

К Тихоокеанской Арктике, являющейся сектором мировой Арктической зоны, относятся территории и акватории восточного «форпоста» Арктической зоны РФ (АЗРФ) и Евразийского континента – Чукотского автономного округа (ЧАО) и тесно прилегающие к этому региону территории и акватории штата Аляска, США – северо-западного «форпоста» американского континента, включая цепь Алеутских островов. Их арктический статус определяется принятым Арктическим Советом в 2017 г. новым «Соглашением об усилении международного научного сотрудничества в Арктике».

Природно-экологическая, политико-экономическая и социальная координация и кооперация между этими территориями и акваториями в арктическом секторе Тихого океана в настоящее время находится на начальных стадиях трансграничного сотрудничества. Некоторое оживление этой кооперации в конце 1980-х и начале 1990-х годов, к сожалению, было нарушено к настоящему времени рядом политических санкций США против РФ. Но эти действия Америки противоречат законам развития природы и общества, тем более в таких регионах мира как Арктика с ее весьма уязвимой природно-экологической средой и огромным влиянием на глобальные климатические процессы в мире.

Но тем не менее трансграничное сотрудничество в этой зоне все-таки продолжается. Примером может быть создание международного природного парка «Берингия» на территориях ЧАО и Аляски. На Чукотке в 1993 г. было создано федеральное государственное бюджетное учреждение, включающее особо охраняемые природные территории России, расположенные в основном на Чукотском полуострове. В 2013 г. территория парка была расширена и статус парка повышен решением правительства России, что было зафиксировано постановлением об учреждении национального парка «Берингия».

Это уникальное природно-экологическое образование будет сохраняться на двух граничащих материках. Сегодня специалисты обеих стран создают первую трансграничную особо охраняемую природную территорию. Она будет включать национальные парки «Берингия» на территории Чукотки и Bering Land Bridge на территории штата Аляска.

Приоритетными направлениями научных исследований в национальных парках являются исследования, направленные на изучение закономерностей динамики природных и антропогенных процессов, оценку и прогноз экологической обстановки, разработку научных основ охраны природы, сохранения ландшафтного и

биологического разнообразия, воспроизводства и рационального использования природных ресурсов и предотвращения ущерба природным комплексам и объектам.

Также в качестве примера кооперации в решении международных экономических проблем в Берингском секторе Арктики могут выступать совместно разработанные в начале 2018 г. предложения США и России для Международной морской организации по формированию системы маршрутов в Беринговом проливе и Беринговом море в связи с ростом судоходства в Арктике. Обе страны предложили систему шести двусторонних маршрутов для судов в Беринговом проливе и Беринговом море и шести районов повышенной осторожности плавания.

Оценке геополитического и социально-экономического развития этого формирующегося трансграничного пространственного образования посвящен ряд научных работ, проводимых в рамках Института экономических исследований (ИЭИ) ДВО РАН [1-7].

Базой для превращения этого сектора в крупнейший перекресток прежде всего морских дорог Арктики является развитие Северного морского пути (СМП) и дальневосточных транспортных коридоров, выходящих на страны Северо-Восточной Азии (Китай, Япония, Южная Корея и др.), развитие Северо-Западного прохода вдоль канадского архипелага и аляскинского арктического побережья и рост морских перевозок по транспортным коридорам вдоль Северо-Западного побережья США и Канады в арктическом направлении.

Эти процессы и сопровождающие их хозяйственные и политико-экономические сдвиги в этом арктическом секторе также выступают базой для превращения этого региона в крупнейший «перекресток» важнейших геополитических проблем на стыке Евразийского и Северо-Американского континентов, что в большой степени определяет дальнейшее научно-технологическое и хозяйственное освоение всей арктической зоны мира [8].

Подчеркнем еще раз, что в национальном плане этот регион представляет собой весьма важную вторую «точку опоры», восточное «крыло» АЗРФ. Совместно с весьма развитой первой западной «точкой опоры» - Европейской Арктикой, имеющей тесные связи с арктическими европейскими странами и связанной с ними целой системой трансграничных научных и политических договоров, обе эти части АЗРФ выступают некими ее «форпостами» на Западе и на Востоке страны.

По оценке экспертов, например, по объему морских перевозок восточный транспортный перекресток АЗРФ в недалеком будущем может сравняться с Суэцким каналом. В 2017 г. объём перевозок грузов по СМП составил 10,6 млн т, что превышает максимальные показатели советского времени (6,6 млн т в 1987 г.). Такой повышенный спрос на перевозки по СМП был вызван снижением требований к уровню ледовой защиты кораблей, которые могли следовать без ледокольного сопровождения. К сожалению, эта тенденция не прослеживается в объемах транзитных перевозок по этой транспортной магистрали, в особенности – международных, которые со своего максимума в 1,6 млн т. в 2013 г. сократились к 2017 г. до 200 тыс. т. Что касается этого типа перевозок, то он связан в техническом плане с дефицитом современных атомных ледоколов и острой необходимостью модернизации всей арктической транспортно-логистической и страховой системы [9]. Но он также существенно зависит и от обострения проблем геополитического и экологического характера, которые, к сожалению, резко нарастают в текущее время, что отрицательно сказывается на росте транзитных грузоперевозок.

Имеются определенные возможности для развития трансграничной кооперации между исполнительными структурами ЧАО и штата Аляска в рамках действия такой неправительственной межрегиональной организации северных стран мира как «Северный Форум», в состав которой входят обе территории.

Но в целом трансграничная кооперация в данном секторе Тихоокеанской Арктики совершенно недостаточна для решения серьезнейших проблем развития не только данного сектора, но и проблем более высокого ранга международной кооперации между Евразийским и Американским континентами. Это выводит научные исследования по развитию данного арктического сектора в разряд глобальных проблем современности и обеспечения безопасности, прежде всего экологической, всего мирового сообщества.

Здесь остро необходимы межстрановые и междисциплинарные исследования в изучении вопросов современного взаимодействия различных культур и государств, состояния интеграционных процессов, опыта деятельности существующих межгосударственных объединений и новых подходов к организации политических, экономических, культурных взаимодействий и сотрудничества в области комплексной безопасности, включая экологическую, которые могут решаться на примере развития Тихоокеанского арктического сектора.

Несмотря на негативную роль ряда политико-экономических санкций в отношении нашего государства, исходящими от США и Канады, тем не менее прогрессивная часть, например, американских ученых готова более тесно работать с их российскими коллегами над изучением закономерностей развития природы и общества в этом важном секторе Арктики, что является основой для оценок и возможных направлений экономического развития этого весьма многообещающего арктического сектора в плане совместной выгоды для соседствующих здесь стран [10-13]. Например, в одной из этих работ [11], опубликованной в конце 2016 г., вообще предлагается создать совместный американо-российский институциональный орган на высшем политическом уровне, который был бы ориентирован на структурную трансформацию и развитие тесных международных контактов в регионе Берингова пролива и Тихоокеанской Арктики в области коммерческих морских перевозок, добычи энергетических ресурсов в Чукотском море, развития горнодобывающей промышленности и коммерческого и прибрежного рыболовства в штате Аляска и во всем регионе Тихоокеанской Арктики, активизации морского туризма, решения экологических и природоохранных проблем и, конечно, социальных проблем как коренного, так и пришлого населения и др.

В этом отношении было бы весьма полезным реализовать предложение ИЭИ по созданию международного «Совета региона Тихоокеанской Арктики и Берингова пролива» по аналогии с «Советом Баренцова/Евроарктического региона (СБЕР)», действующего под эгидой международного Арктического совета и его структур. Оба эти «форпоста» АЗРФ - Восточный и Западный в равной степени должны представлять эту зону в решении и национальных, и международных трансграничных координационных связей.

Итак, сегодня данный арктический регион стоит на пороге трансформации начальных приграничных форм сотрудничества в полноценный механизм трансграничной координации и кооперации в интересах не только России и США, но и всего мирового сообщества, прежде всего – на «стыке» Евразийского и Северо-Американского материков. Этот подход должен существенным образом изменить отношение к данной проблеме, оставить в стороне межполитические разногласия между граничащими странами и вывести эту проблему на высокий международный уровень, от решения которой в значительной степени зависит выживание человеческого сообщества.

В проведенных исследованиях на базе подобного подхода предлагаются конкретные методы, механизмы и модели проведения совместных исследовательских проработок, включая стратегические долгосрочные и среднесрочные прогнозы природно-экологического, научно-технического и общественно-социального развития исследуемого тихоокеанского арктического сектора. Эти исследования должны стать

исходной базой для принятия управленческих решений исполнительных органов обеих стран и существенных действий в области усиления экологического контроля и охраны природных процессов и нейтрализации негативных последствий хозяйственной деятельности в этом секторе Арктики.

*Исследование проведено в ходе выполнения плана НИР ИЭИ ДВО РАН на 2019 г. по проекту: «Дальневосточная Арктика: системные исследования по разработке экономических механизмов и прогнозов «имплантации» новых технологий рационального использования региональных ресурсов» программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Арктика – научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснопольский Б.Х. Регион Берингова пролива и Тихоокеанской Арктики: трансграничный диалог // Серия "Экономика. Социология. Культурология" Вестника СВФУ. № 3 (11). 2018. С. 6-14
2. Краснопольский Б.Х. Тихоокеанская Арктика: инфраструктурная обеспеченность устойчивого развития трансграничного региона. / В сб. Экономика Сибири в условиях глобальных вызовов XXI века. Том 2: Как превратить пространство из проклятия в ресурс развития? / Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. С. 192-201
3. Краснопольский Б.Х. Дальневосточная Арктика: междисциплинарные, межрегиональные, международные исследования и устойчивость развития региона // Серия "Экономика. Социология. Культурология". Вестник СВФУ. 2018. №1(109). С. 22-29
4. Краснопольский Б.Х. Тихоокеанская Арктика: современное состояние и возможные направления развития // Регионалистика. – Т. 4. № 4.- 2016. - С. 29-39.
5. Краснопольский Б.Х. Дальневосточная Арктика – место и роль в Большой Евразии. В сб. Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. Ежегодник. Вып. 1. Ч. 1 / РАН. ИНИОН. (материалы IV МНПК «Аналитика развития, безопасности и сотрудничества: Большая Евразия – 2030»). М., 2018. С. 94-96.
6. Краснопольский Б. Арктические территории и акватории Дальнего Востока России: новые подходы к системным исследованиям по освоению природных ресурсов // Проблемы теории и практики управления. 2018. № 12. С. 47-63.
7. Минакир П.А., Краснопольский Б.Х., Леонов С.Н. Исследования по проблемам развития Дальневосточной Арктики: экономические аспекты // Регионалистика. 2016. Т. 3, № 4. С. 6-19.
8. Минакир П.А., Краснопольский Б.Х. Экономические механизмы внедрения новых технологий рационального использования арктических ресурсов // Регионалистика. 2018. Т. 5. № 5. С. 12–24.
9. Заостровских Е.А. Развитие морского транспорта России и Дальнего Востока в контексте мировых тенденций в 2017 г. // Регионалистика. 2018. Т. 5. № 5. С. 58–78.
10. Alaska and the New Maritime Arctic. A Report to the State of Alaska Department of Commerce, Community and Economic Development. School of Natural Resources and Extension. University of Alaska Fairbanks. Fairbanks, Alaska, 2015. [Electronic resource]. URL: <https://www.commerce.alaska.gov/> (accessed: 15.01.2019).
11. Berkman R.A., Vylegzhanin A.N., & Young O.R. Governing the Bering Strait Region: Current Status, Emerging Issues and Future Options // Ocean Development & International Law. 2016. 47/2. Pp. 186-217.
12. Changes for the Arctic: Background and Issues for Congress. May 21, 2018. [Electronic resource]. URL: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R41153.pdf> (accessed: 15.01.2019).

13. Managing for the Future in a Rapidly Changing Arctic, 2013. [Electronic resource]. URL: <http://www.doi.gov/news/upload/ArcticReport03April2013PMsm.pdf> (accessed: 15.01.2019).

## ОБЗОР ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

*Е.С. Лукин, М.П. Лебедев*

ФГБУН Федеральный Исследовательский Центр Якутский Научный Центр СО РАН,  
г. Якутск, [lukin@iptpn.ysn.ru](mailto:lukin@iptpn.ysn.ru)

Арктика, в силу присущих ей суровых климатических условий и «бескрайних» просторов, в настоящее время является одним из самых труднодоступных регионов нашей планеты. Чем же так привлекательна Арктика? Правительствами различных стран мира, Арктика прежде всего рассматривается как регион богатый залежами углеводородного сырья и другими полезными ископаемыми. По прогнозам российских и западных специалистов, в ближайшие 30 лет основная конкуренция на международном рынке нефти развернется между проектами освоения глубоководных месторождений арктического региона. Суммарная емкость запасов углеводородного сырья в приполярных областях специалистами ВНИГРИ оценивается в 23 %, а геологической службой США – в 26 % [1-4]. Это четверть от неразведанных запасов углеводородов в мире.

До сих пор, запасы углеводородного сырья в Арктическом регионе оставались не рентабельными для разработки. Однако, существенные колебания стоимости барреля нефти в конце нулевых, а также неоптимистичные прогнозы в ближайшем будущем, делают вполне вероятным разработку нефтяных и газоносных месторождений в Арктике. Более того, изменение климата на нашей планете, приводит к таянию арктических ледников, высвобождая новые доступные регионы для добычи полезных ископаемых. По данным НАСА, в сентябре 2007 года общая площадь арктического ледового покрова достигла исторического минимума, сократившись по сравнению с многолетним средним значением (с 1979 по 2000 гг.) почти на 40 %. Более того, ограниченность доступных ресурсов в настоящем, подталкивает государства к борьбе за контроль над перспективными газо- и нефтяными месторождениями Арктического шельфа.

***Международно-правовой статус Арктики.*** Северный Ледовитый океан омывает берега только пяти государств – России, Канады, США (Аляска), Дании (которой принадлежит Гренландия) и Норвегии. Их принято называть приполярными государствами. Российская Арктика характеризуется самой протяженной береговой линией и самым широким шельфом в регионе и, следовательно, несет большую нагрузку по сравнению с другими странами в разработке международно-правового режима полярного региона. Российский арктический континентальный шельф является одним из самых крупных в мире. Местами его ширина достигает до 1 500 км. Это обстоятельство ставит Россию в более выгодное положение по отношению к странам арктического региона. Однако существуют правовые и геополитические трудности, о которых говорится далее.

В настоящее время, основным международным документом, регулирующим отношения между странами в акваториях морей и океанов, является Конвенция ООН по морскому праву от 1982 года. Конвенция ратифицирована большинством стран мира, в том числе и Российской Федерацией, за исключением Соединенных Штатов Америки, и нескольких других. В соответствии с Конвенцией, территориальными водами государства признается 12-ти мильная зона, отсчитываемая от исходной линии.

Исходная линия определяется как линия наибольшего отлива. Последующие 200 миль определяются как исключительная экономическая зона [5]. Это означает, что поверхность морского дна и все что находится под ним, на расстоянии 200 миль от берега – является собственностью государства, однако акватория, согласно конвенции по морскому праву, является международной и свободна для морского судоходства (Рис. 1.). Понятно, что граница шельфа в большинстве случаев не соответствует границе исключительной экономической зоны. Конвенция позволяет учесть этот момент. Для этого в конвенцию внесена статья, в которой говорится о том, что прибрежные государства могут претендовать на расширение исключительной экономической зоны на всю ширину континентального шельфа, если предоставят в комиссию ООН доказательства, что эти районы являются естественным продолжением их материковой части [6]. Фактически, это означает, что государства могут получить исключительное право на разработку всего, что залегает на морском дне или под ним, если убедят Комиссию ООН по границам континентального шельфа.



Рис. 1 – Схематическое определение исключительной экономической зоны в соответствии с Конвенцией ООН по морскому праву от 1982 года

Именно вокруг этого пункта конвенции, в последнее время развернулась борьба между приполярными государствами. Каждая страна пытается увеличить свою долю Арктического шельфа. Если взглянуть на карту Арктического шельфа, из нее видно, что Россия претендует на довольно таки внушительный по площади арктический шельф. Немного уступает ей в этом Канада, затем идет Гренландия и меньше всех претендуют США (Аляска) и Норвегия. Такая ситуация не устраивает некоторые страны входящие в НАТО. Спор идет в основном вокруг Хребта Ломоносова. Он бы открыт 1948 году советскими высокоширотными экспедициями. Хребет Ломоносова начинается от Новосибирских островов, пересекает Северный полюс и достигает североамериканского континента. Россия считает, что Хребет Ломоносова является продолжением Евразийского материка. Канадская сторона считает иначе и предпринимает попытки доказать, что хребет является продолжение канадского архипелага. Более того, Канада претендует на часть хребта Менделеева (поднятие альфа). Ситуация усугубляется тем, что Дания, также предъявляет свои права на Хребет Ломоносова, считая что он является естественным продолжением принадлежащей им Гренландии [1, 7].

Одной из первых заявок в комиссию ООН по границам континентального шельфа в 2001 году подала Россия. Однако она была отклонена в связи с недостаточностью доказательств [2]. В мае 2014 года в Москве состоялась пресс-конференция посвященная Дням Арктики, на которой министр природных ресурсов и экологии РФ Сергей Донской сообщил, что предварительная заявка на расширение границ шельфа в Арктике будет готова к ноябрю 2014 года. С целью определения и обоснования внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане, было организовано две Арктических экспедиции в 2007 и 2010 годах.

Помимо спорных вопросов внутри «арктической пятерки», на недра Арктики заявляют свои права страны, не имеющие прямого выхода в Северный Ледовитый Океан. Такие как: Финляндия, Швеция, Китай, Япония, Южная Корея и другие, порядка 20-ти государств, не имеющие официального статуса полярных стран. Они считают, что политика арктических государств, стремящихся «поделить» Арктику между собой, является недальновидной и дестабилизирующей ситуацию в регионе. Эти страны рассматривают ресурсы Арктики как «достояние всего человечества», и потому освоение ее природных богатств должно проходить в рамках максимально широкого международного сотрудничества. Они считают, что все желающие и имеющие для этого технические и финансовые возможности должны иметь доступ к эксплуатации ресурсов этого региона [2]. В настоящее время мировое сообщество обсуждает следующие потенциальные варианты раздела морского дна Северного Ледовитого океана:

1) По принципу секторального разделения Арктики, которое, в частности, использовалось с 1920-х гг. СССР и Канадой, но при этом не было прописано ни в одном международном документе [9];

2) Определение границ по срединной линии, под которой понимается равноудаленная линия от всех побережий;

3) Создание в центре Северного Ледовитого океана Международного района морского дна, где природные ресурсы будут определяться, как «общее достояние человечества»;

4) Арктика, как свободная морская зона, открыта для международных нефтедобывающих компаний;

5) Международный договор по Арктике, устанавливающий международный режим управления по аналогии с Договором об Антарктике.

Общемировое сообщество считает, что необходимо выработать дополнительные международно-правовые договоренности. Это предложение, безусловно, не имеет поддержки со стороны «арктической пятерки», которая не собирается отказываться от потенциально богатых месторождений Арктики. Приарктические государства стремятся сохранить узкий круг заинтересованных лиц, в рамках которого можно было бы заранее договориться по уже существующим и будущим, но перспективным проблемам в Арктическом регионе. Так, в 2008 г., можно считать, был создан своеобразный неформальный «клуб» приарктических государств. В мае 2008 г. датское правительство пригласило Россию, Норвегию, США и Канаду в Иллулисат. По результатам переговоров об эксплуатации Арктики была подписана Илулисатская декларация, в которой было заявлено, что необходимости для создания нового международно-правового режима для арктического региона нет. Было решено, что связанные с Арктикой споры будут регулироваться, в соответствии с существующими нормами, в частности, с Конвенцией ООН по морскому праву от 1982 г.

Таким образом, Конвенция ООН по морскому праву в настоящее время остается основным международным документом, который регулирует отношения прибрежных государств, в том числе в Северном Ледовитом океане. Следует отметить, что решение Комиссии носит исключительно рекомендательный характер, поэтому государствам

«арктической пятерки» нужно будет дополнительно договариваться друг с другом, по какому принципу проводить разграничительные линии.

Канада, как и Россия, поддерживает принцип секторального разделения Арктики, поскольку в этом случае обеим странам отойдет наибольшая площадь районов, на которые они претендуют. Ведь Канада и Россия, по сравнению с другими странами «арктической пятерки», обладают наибольшими по протяженности береговыми линиями вдоль Северного Ледовитого океана. Что касается Северного полюса, то выход к нему при разделении на арктические сектора будут иметь все приарктические государства.

Дания настаивает, чтобы в основу разграничения северных континентальных шельфов был положен принцип срединной линии. В этом случае «правообладателем» Северного полюса станет Дания, поскольку Гренландия находится ближе всего к нему по сравнению с другими приарктическими государствами.

США не устраивает ни один из вариантов определения границ северного континентального шельфа, предлагаемых другими приарктическими государствами. В случае разделения Арктики на арктические сектора или по срединной линии, США достанется небольшой участок шельфа – менее 10 %. Поэтому следует ожидать, что Соединенные Штаты будут настаивать на общем управлении ресурсами. В идеале США предпочли бы разрабатывать арктические месторождения природных ископаемых на условиях прямого двустороннего соглашения с правительством государства, на шельфе которого найдены природные ископаемые. В этом случае не придется обсуждать подробности подобных сделок с третьими странами. В случае, если США ратифицируют Конвенцию ООН по морскому праву, они могут подать заявку на право владения береговой зоной в районе побережья Аляски, уходящей в Северный Ледовитый океан на 600 миль (965 км) [1]. При этом, как считают в Вашингтоне, на самом Северном полюсе высвободится «ничейная территория» площадью около 3 млн. км<sup>2</sup>, где пользоваться природными ресурсами смогут все субъекты международных отношений. Тогда в центре Северного Ледовитого океана создастся так называемый Международный район морского дна, а его ресурсы будут считаться «общим достоянием человечества».

Очевидно, что «арктическая пятерка» не намерена делить Арктику с другими странами, претендующими на нее. Но во избежание военных столкновений в регионе приарктическим государствам необходимо прийти к консенсусу и решить, по какому принципу будет разделена Арктика. Наиболее выигрышным видится вариант объединения общих усилий при составлении заявки, поскольку заявка по спорным территориям Комиссией ООН рассматриваться не будет.

И такие прецеденты уже есть. К примеру, одним из первых шагов навстречу сделали Россия и Норвегия, подписав 15 сентября 2010 года двусторонний Договор о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане [2]. Этот Договор позволил разрешить территориальные разногласия между Норвегией и Россией, длившиеся более 40-ка лет. Было решено поделить спорный участок Баренцева моря, самый богатый рыбой и нефтегазовыми ресурсами, «пополам», причем, как и настаивала российская сторона, на западную и восточную части. Надо учесть тот факт, что договор был подписан, не смотря на то, что Норвегия является членом НАТО.

Данное обстоятельство подтолкнул Канаду и США к сотрудничеству. Тупиковые, казалось бы, территориальные претензии друг к другу в акватории Северного Ледовитого океана, отошли на второй план. С 2007 года проводятся совместные канадо-американские исследования морского дна Арктики. Кроме того, Канада и Америка намерены прийти к консенсусу по проблеме разграничения моря Бофора. Однако Америка, даже если ратифицирует Конвенцию ООН, будет стремиться к тому, чтобы центр Северного Ледовитого океана оставался международным. С этой

точки зрения, перспективным представляется возможность для России установить двустороннее сотрудничество с Канадой, по вопросам будущего разделения Арктики. Поскольку Россия и Канада имеют во многом схожие позиции. В интересах Канады так же, как и в интересах России, разделить регион на арктические сектора. При этом ни Россия, ни Канада не намерены относить часть своего шельфа в Арктике к Международному району морского дна. Прямой диалог позволит разграничить континентальный шельф, в частности спорный вопрос по хребту Ломоносова, до истечения предельных сроков подачи приарктическими государствами заявок на расширение континентальных шельфов в ООН. Однако развитие двустороннего российско-канадского сотрудничества осложнено тем, что Канада входит в военно-политический блок НАТО [9].

Нужно отметить, что в последнее время усилилось военное присутствие НАТО в Арктическом регионе. Доказательством того, являются недавние военные учения НАТО в Баренцевом море. Канада усилила свое военное присутствие в Арктике, запущены военные спутники, следящие за акваторией, примыкающей к Канадскому архипелагу. По всему видно, что России придется в очень непростых условиях отстаивать свои геополитические интересы в регионе. В ответ Россия в 2013 году начала воссоздание военной базы на Новосибирских островах (остров Котельный), в частности воссоздание аэродрома Темп. Также планируется создание (воссоздание) северных аэродромов Тикси, Нарьян-Мар, на полуострове Таймыр, в Анадыре, на погранзаставах Нагурское (Земля Франца-Иосифа) и др. Не смотря на конфронтационный характер отношений, складывающийся в Арктике, в том числе на фоне последних событий на Украине и в Сирии, политика России в этом регионе должна основываться на международном сотрудничестве и взаимном учете интересов друг друга, как это было сделано на примере с Норвегией. Подобный курс более предпочтителен, чем дальнейшее нарастание соперничества в Арктике, значение которого будет расти в обозримом будущем. О возможности продвигаться по пути сотрудничества говорят итоги прошедшей в мае 2008 года Иллулисатской конференции пяти арктических государств.

**Выводы.** Из всего вышесказанного можно заключить, что Арктика в настоящее время является экономически привлекательным регионом, имеющей по оценкам различных экспертов до четверти неразведанных запасов углеводородного сырья.

В ближайшем будущем, в связи с потеплением климата и мировой стоимостью нефти, видится возможным и перспективным разработка полезных ископаемых в Арктическом шельфе.

России необходимо отстаивать свои национальные интересы в Арктике, путем обсуждения и выработки международно-правовых норм при разделе арктического пространства. Необходимо также увеличить свое присутствие в регионе, путем планомерного освоения уже открытых газоконденсатных месторождений в Карском и Баренцевом морях, опираясь на динамично развивающийся Северный Морской Путь.

В связи с вполне вероятным признанием недр Арктического региона «общемировым достоянием человечества», следует ускорить и завершить мероприятия по оформлению заявки в Комиссию ООН и разрешить вопросы спорных территорий с приарктическими государствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith M., Giles K. Russia and the Arctic. The last dash North. Advanced research and assessment group. Russia series 07/26. Defense Academy of the United Kingdom, 2007. P. 1.
2. Коньшев В.Н., Сергунин А.А. Арктическое направление внешней политики России. Проблемы и перспективы. // Научно-аналитический журнал Обозреватель - Observer, 2011. № 3. С. 13-20.

3. Кочемасов Ю.В, Моргунов Б.А. Соломатин В.И. Эколого-экономическая оценка перспективы развития Арктики. URL: <http://www.ecoteco.ru/id398/>
4. Государственный доклад «О состоянии минерально-сырьевой базы РФ» М., МПР РФ, 2002. 166 с.
5. Конвенция ООН по Морскому праву, 1982. Vol. 1834. Часть V. Статья 57.
6. Конвенция ООН по Морскому праву, 1982. Vol. 1834. Часть VI. Статья 76.
7. Коньшев В.Н., Сергунин А.А. Арктика на перекрестье геополитических интересов. // Мировая экономика и международные отношения, 2010. № 9. С. 43-53.
8. Барциц И.Н. О правовом статусе российского арктического сектора // Право и политика. 2000. № 12. С.23.
9. Воронов К.В. Арктические горизонты стратегии России: современная динамика // Мировая экономика и международные отношения. 2010. № 10. С. 54-65.

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАСЕЙНА РЕК ПУР И ТАЗ В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА**

*И.Ю. Макаренкова*

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень, [odu@gosrc.ru](mailto:odu@gosrc.ru)

Расширение масштабов освоения нефтегазовых месторождений в условиях Тюменского севера порождает потенциальную опасность усиления загрязнения водных объектов в районе проведения работ. Исключить поступление всевозможных загрязняющих веществ, сопутствующих этой промышленной деятельности в окружающую среду невозможно. Несмотря на то, что формирование химического состава поверхностных вод происходит под влиянием климатических условий, характера почв, геоморфологического и геологического строения территории, хозяйственная деятельность человека может существенно повлиять на эти процессы.

Настоящая работа посвящена анализу уровня загрязнения водных объектов на территории нефтегазовых месторождений северных районов Тюменской области (в основном малых рек, ручьев, озер) и выявлению зависимости изменения качества вод под влиянием нефтегазодобывающей деятельности. Все исследуемые нами водные объекты были сгруппированы по территориальному признаку относительно принадлежности к административным районам. Перечень месторождений приведен в таблице 1.

Гидрохимические исследования на водных объектах включали определение показателей общего химического состава воды и содержания загрязняющих веществ – нефтепродуктов и тяжелых металлов. В донных отложениях наблюдения вели только за содержанием загрязняющих веществ. Токсикологические исследования проводили с помощью методов биотестирования с использованием в качестве тест-объекта ветвистоусых рачков дафний, а в качестве критерия – выживаемость.

Сбор и обработка гидрохимических и токсикологических проб проводилась сотрудниками Госрыбцентра по стандартным методикам.

Прежде, чем приступить к анализу полученных результатов, кратко охарактеризуем условия, в которых происходит формирование качества природных вод.

Таблица 1 – Перечень месторождений и приуроченность их к административным районам

Район	Месторождение	Год открытия	Ввод в эксплуатацию
Надымский	Юрхаровское	1970	2003
Надымский	Ямбургское	1969	1986
Пуровский	Вынгапуровское	1968	1982
Пуровский	Вынгаяхинское	1968	1986
Пуровский	Губкинское	1965	1999
Пуровский	Етыпуровское	1982	2003
Пуровский	З.-Таркосалинское	1972	1994
Пуровский	Комсомольское	1966	1988
Пуровский	Пырейное	1976	2009
Пуровский	Уренгойское	1966	1978
Тазовский	Западно-Заполярное	1979	1998
Тазовский	Заполярное	1965	2001
Тазовский	Находкинское	1974	2004
Тазовский	Северо-Уренгойское	1966	2001

По особенностям физико-географических условий эти районы представлены зонами тундры и лесотундры, а водные объекты этих районов относятся к бассейнам рек Пура, Таза.

В пределах рассматриваемой территории имеет место сильно развитая речная и овражная сети, густота которых составляет 0,4-0,5 км/км<sup>2</sup>. Водосборные площади значительно заболочены (70-80 %), общая озерность достигает 11 %.

Вследствие равнинности рельефа и близкого залегания к земной поверхности вечной мерзлоты реки имеют мелкие долины, неглубокие, извилистые русла и низкие берега. Большинство водоемов является временными, существующими только в весенний паводок. Временные водотоки являются, по сути своей, ложбинами стока, сток у которых отсутствует даже в летне-осенний период. Все они имеют, сравнительно, общие гидрографические характеристики: неясно выраженные долины, склоны которых, постепенно повышаясь, сливаются с окружающей местностью; незначительно врезанные слабоизвилистые русла; непересеченные поймы и большие уклоны водной поверхности.

По характеру водного режима водотоки рассматриваемого района относятся к типу рек с весенне-летним половодьем и паводками в летнее время года.

Важнейшей гидрологической особенностью территории является замедленный поверхностный сток и слабый естественный дренаж грунтовых вод, что связано с плоским рельефом и малым врезом речных долин. Повсеместно основным питанием водотоков являются зимние осадки, которые формируют от 40 до 70 % годового стока. Грунтовое питание вследствие наличия вечной мерзлоты незначительно.

Половодье на водотоках имеет довольно высокую и острую волну, что объясняется быстрым стоком поверхностных вод, а также слабым влиянием пойменного, руслового и озерного регулирования.

Воздействие климата существенно сказывается на химическом составе поверхностных вод. Ввиду того, что русловые воды протекают по мерзлой водонепроницаемой почве, минерализация их очень мала. Величина суммы ионов колеблется от 16 до 80 мг/л в течение всего года. Минерализация снеговых вод, являющихся основным источником питания водотоков, составляет 13–53 мг/л. Величина рН варьирует в пределах 6,5–7,3. Среди анионов преобладающими являются гидрокарбонаты. Содержание хлоридов и сульфатов почти одинаковое и составляет 3–5 мг/л. Содержание меди и цинка в реках менее 0,01 мг/л. Содержание органических веществ в значительной степени зависит от распространения торфяно-болотных и заболоченных почв. В половодье вода рек тундры и лесотундры имеет цветность 18–

74<sup>0</sup>, окисляемость – 12–15 мгО/л. На спаде половодья, при переходе на грунтовое питание эти показатели изменяются незначительно. Окисляемость составляет 9–11 мгО/л, цветность колеблется от 21 до 60<sup>0</sup>. Содержание железа в воде рек изменяется в течение года от 0,6 до 1,5 мг/л [1].

В настоящее время ситуация на водоемах этой территории складывается следующим образом (Табл. 2).

Таблица 2 – Средние значения показателей, характеризующих качество воды и донных отложений водных объектов

Показатель	вода	ПДК	Донные отложения	ПДК
рН	6,3			
	4,4-7,3 (n=217)			
НСО <sub>3</sub>	27,0			
	4,8-122 (n=208)			
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	12,0	10,0		
	0,72-47,2 (n=208)			
Сl <sup>-</sup> , мг/ дм <sup>3</sup>	5,5	300		
	0,06-27,0 (n=217)			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/ дм <sup>3</sup>	6,1	100		
	1,6-49,3 (n=217)			
Σ <sub>n</sub>	53,3			
	16,5-185 (n=215)			
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,7	2,0		
	0,17-8,0 (n=191)			
N/NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/ дм <sup>3</sup>	<b>0,45</b>	0,4		
	0,03-2,25 (n=208)			
PO <sub>4</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	0,16	0,2		
	0,0-1,24 (n=207)			
Железо, мг/ дм <sup>3</sup>	<b>1,0</b>	0,1		
	0,0-4,17 (n=197)			
Цинк, мкг/ дм <sup>3</sup>	<b>25,1</b>	10,0	23,1	100
	0-341 (n=116)		0,0-243,1 (n=109)	
Никель, мкг/ дм <sup>3</sup>	3,1	10,0	13,5	85
	0,0-33,3 (n=109)		0,04-164,2 (n=109)	
Медь, мкг/ дм <sup>3</sup>	<b>4,4</b>	1,0	8,5	55
	0,0-52,9 (n=110)		0,2-479 (n=109)	
Свинец, мкг/ дм <sup>3</sup>	1,1	6,0	5,4	30
	0,0-24,8 (n=116)		0,2-38,2 (n=109)	
Хром, мкг/ дм <sup>3</sup>	16,0	20,0	23,3	Не норм.
	0,24-722 (n=55)		2,3-73,4 (n=52)	
Ртуть, мкг/ дм <sup>3</sup>	<b>0,17</b>	0,01	0,03	2,1
	0,0-5,0 (n=111)		0-0,3 (n=109)	
Нефть, мг/ дм <sup>3</sup>	0,07	0,05	75	
	0,0-1,04 (n=212)		1,5-1091 (n=190)	
Токсичность (процент выживаемости дафний в остром опыте)	79		85	
	0-100 (n=167)		0-100 (n=160)	

По солевому составу поверхностные воды относятся к очень маломинерализованным. Общая сумма ионов в среднем составляет 50–58 мг/дм<sup>3</sup>, что не выходит за рамки фоновых характеристик.

По классификации О.А. Алекина, исследованная вода принадлежит гидрокарбонатному классу, что характерно для маломинерализованных вод. Вода имеет в основном слабокислую реакцию среды, близкую к нейтральной (рН 6,3).

Концентрация доминирующих гидрокарбонатных ионов находится в пределах от 4,8 до 122 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация хлоридов и сульфатов очень низкая: Cl<sup>-</sup> ионы – от 0,06 до 27,0 мг/дм<sup>3</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ионы – от 0 до 49,3 мг/дм<sup>3</sup>, что характерно для водоемов, залегающих среди хорошо промытых от солей почв тундры.

Концентрация аммонийной формы азота в среднем по бассейну превышает ПДК, что обусловлено повышенным содержанием этой формы азота в водных объектах. Диапазон N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ионов по массовой концентрации составил по этой группе водных объектов 0,06–2,25 мгN/дм<sup>3</sup>.

Среднее содержание минерального фосфора незначительно – 0,16 мг/дм<sup>3</sup>.

Самые большие концентрации из всех биогенных веществ приходятся на общее железо (сумма закисной и окисной форм). Концентрация биогенного железа находилась в исследованных водных объектах на уровне 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, что в 10 раз превышает ПДК (0,1 мг/дм<sup>3</sup>, токс.). Такое высокое содержание биогенного железа характерно для водоемов данной территории, имеющих болотистый водосбор с большим количеством гуминовых и фульвокислот в воде. Железо находится в форме растворенного комплексного соединения гумата железа, обуславливающего характерную болотную коричневую окраску воды.

Органическое вещество определялось по косвенным показателям – перманганатной окисляемости (ПО) и биохимическому потреблению кислорода в течение 5 суток (БПК<sub>5</sub>По градации О.А. Алекина водоемы имеют повышенное значение ПО (12,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), что указывает на большую концентрацию органики.

Показатель БПК<sub>5</sub> был в пределах 0,17–8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 1,66 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что не превышало ПДК (2,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, санит.-токс.).

Таким образом, по результатам гидрохимических исследований водные объекты исследуемых районов имеют очень низкоминерализованную воду, гидрокарбонатного класса, с низким содержанием сульфатов и хлоридов. Исследованная вода имеет слабокислую реакцию среды близкую к нейтральной. Из биогенных веществ повышенные концентрации отмечены лишь по железу. Если сравнить эти результаты с результатами наблюдений до 1968 года [1], то можно отметить, что гидрохимический состав вод не изменился. Динамика всех исследуемых показателей соответствует естественному гидрохимическому режиму водоемов.

По комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши [2] исследованные водоемы по средним значениям ряда гидрохимических показателей имеют воду от достаточно «чистой» до «слабо загрязненной».

*Содержание загрязняющих веществ в воде и донных отложениях*

Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах изменялось от 0,0 до 1,04 мг/м<sup>3</sup>, средняя величина составляла 0,07 мг/м<sup>3</sup>. В донных отложениях обследованных водоемов среднее значение содержания нефтепродуктов составляет 75 мг/кг. Максимальные значения по нефтепродуктам, как в воде, так и в донных отложениях были отмечены в водных объектах, расположенных на территории Губкинского месторождения Пуровского района и превышали нормативные значения в 20 раз по воде и 50 раз по донным отложениям.

Микроэлементы (тяжелые металлы) представляют собой самую большую группу элементов химического состава природных вод. В природных водах данные соединения встречаются в очень малых количествах. Никель, свинец, хром в воде обследованных водных объектов обнаружены в незначительных количествах (Табл.2). Количество цинка в воде чуть выше ПДК. Максимальные количества этого элемента обнаружены в водоемах Пуровского района. Загрязненность водоемов этого района цинком составляет 42 %. Число водоемов с повышенным содержанием меди и ртути превышает 50 %. Максимальные количества ртути (33 ПДК) наблюдались в воде водоемов Пуровского района. В литературе имеется много данных, подтверждающих пространственную связь ртутных и углеводородных потоков. Показано, что накопление ртути в залежах

углеводородных газов является доказательством того, что ртуть и углеводороды используют одни и те же тектонические каналы для своей миграции.

Анализ наших данных подтверждает эту взаимосвязь. На территории, где сосредоточены, в основном, газовые месторождения, в водоемах отмечено повышенное содержание ртути.

Содержание меди в воде превышало нормативную величину в 2,3-2,5 раза,

В донных отложениях содержание всех микроэлементов в среднем было ниже ПДК. На территории месторождений Тазовского района отмечено повышенное содержание в донных отложениях ионов меди и никеля. Выявлена положительная достоверная корреляционная связь между содержанием меди и цинка, ртути и нефтепродуктов. Коэффициент корреляции составлял 0,44–0,68.

Токсикологические исследования вод и донных отложений водных объектов выявили наличие слабой токсичности в воде и донных отложениях. Процент гибели рачков в острых экспериментах в среднем составлял 19 % в воде и 13 % в донных отложениях. Если сопоставить токсикологическую ситуацию по районам, то можно отметить, что в водных объектах Пуровского района токсикологическая ситуация складывается несколько напряженнее. Показатели токсичности здесь несколько выше, чем таковые в Тазовском районе. В водоемах Тазовского района токсичность выявлена только в воде. Грунты по токсикологическим параметрам являются чистыми.

Токсичность воды коррелирует с содержанием цинка в воде (коэффициент корреляции 0,47), и содержанием ртути в грунтах (коэффициент корреляции 0,44). Если оценить состояние водоемов по уровню токсического загрязнения, то согласно той же классификационной системе [2], они относятся к классу качества вод – удовлетворительно чистые.

Несмотря на то, что состояние вод и оценивается как удовлетворительно чистое, нефтегазодобывающая деятельность в этих районах влияет на изменение некоторых показателей качества вод. Особенно наглядно это видно при сравнении двух районов. Пуровский район, по сравнению с Тазовским характеризуется большим числом функционирующих, «старых» месторождений, часть из которых нефтяные. В соответствии с этим нагрузка на водоемы увеличена. Проведенные исследования показали, что частота встречаемости загрязненных водоемов и уровень содержания по отдельным показателям, таким как БПК, фосфаты, железо, цинк, нефтепродукты, ртуть в Пуровском районе выше, чем в Тазовском. И хотя в целом, состояние водных объектов обоих районов и соответствует нормативным требованиям, в водоемах Пуровского района отмечена тенденция к увеличению содержания загрязняющих веществ. Корреляционная зависимость, выявленная между содержанием в донных отложениях ртути и нефтепродуктов ( $K=0,68$ ), цинка и меди ( $K=0,44$ ) подтверждает техногенный характер источника загрязнения этих водоемов.

Выявленная слабая токсичность свидетельствует о невысоком уровне загрязнения. Изменения основных гидрохимических показателей качества воды, вследствие накопления загрязняющих компонентов, не наблюдается. Тем не менее, тенденция к изменению имеется, свидетельством чего является выявленная корреляционная зависимость между показателями общего химического состава воды и содержанием тяжелых металлов и нефтепродуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. –Л.: Гидрометеиздат, 1972. Т. 15. Вып. 2. 408 с.
2. Оксенок О.П., Жукинский В.И., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Клянус В.Г. Комплексная экологическая классификация поверхностных вод суши //Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62-91.

## ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ В ЕГО СВЯЗИ С БАЗОВЫМИ ЦЕННОСТЯМИ НАСЕЛЕНИЯ (НА МАТЕРИАЛАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ЯНАО)

*А.М. Максимов, А.В. Уханова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, amm15nov@yandex.ru

Актуальность научного изучения предпринимательского потенциала региона определяется потребностью планирования государственной политики в области стимулирования и поддержки частного предпринимательства. Институт частного предпринимательства (в рамках доклада речь будет идти исключительно о малых и средних его формах) обеспечивает самозанятость местного населения, создает новые рабочие места на локальном рынке труда, гибко реагирует на изменения рыночной конъюнктуры и нередко выступает источником технологических и организационных инноваций. В связи с этим роль данного института в экономическом развитии региона трудно переоценить.

В научной литературе имеется несколько подходов к пониманию концепта «предпринимательского потенциала» региона. Все подходы можно свести к трем основным в зависимости от того, какие компоненты в структуре предпринимательского потенциала интерпретируются авторами в качестве определяющих [1, С. 47]:

1) предпринимательский потенциал как совокупность количественных и качественных параметров факторов производства, иными словами, - материально-технический, финансовый и кадровый фундамент предпринимательской деятельности [2, С. 7];

2) предпринимательский потенциал как совокупность параметров, характеризующих состояние институциональной среды, в которой протекает бизнес-деятельность (включая практики государственного регулирования и государственной поддержки предпринимательства) [3, С. 111-112].

3) предпринимательский потенциал как распространенность среди населения необходимых для ведения предпринимательской деятельности способностей и навыков, а также установок, ценностей и мотивов [4, С. 43-44; 5, С. 118].

При этом, несмотря на то, что разные авторы, трактуя понятие предпринимательского потенциала, по-разному расставляют акценты, имеет место тенденция к комплексному рассмотрению данного явления [6; 7].

Однако, как верно замечает А.К. Шайхутдинова, «нельзя рассчитывать на интенсивный рост предпринимательства, даже при наличии высококачественной инфраструктуры для развития малого и среднего предпринимательства, если в обществе присутствует низкая готовность населения к занятию данным видом деятельности» [7, С. 38]. Именно этим и обусловлен наш интерес к ценностно-мотивационного аспекта предпринимательского потенциала. Отдельные результаты его исследования в Архангельской области и Ямало-Ненецком автономном округе (далее – ЯНАО) будут представлены ниже.

Эмпирической основой исследования послужили результаты массового стандартизированного опроса населения двух арктических регионов. Объем выборки составил 700 человек (400 респондентов в Архангельской области, 300 – в ЯНАО). Опрос был проведен в мае 2018 г. Выборка – случайная, репрезентативная, дополнительно квотирована по полу, возрасту, муниципальному образованию. Ошибка выборки не превышает 3,7%.

Прежде чем мы перейдем к анализу установок населения по отношению к предпринимательской деятельности и их связи с ценностями, обратимся к статистике,

отражающей реализацию предпринимательского потенциала в обследованных регионах.

Таблица 1. Число малых предприятий на 10000 человек населения

Год	2012	2013	2014	2015	2016
Ямало-Ненецкий АО	126	123	132	78	116
Архангельская область	123	147	124	121	126
Россия в целом	140	144	144	152	189

Из таблицы видно, что в период 2012-2016 гг. доля малых предприятий в Архангельской области оставалась практически неизменной, тогда как в ЯНАО после непродолжительного спада предпринимательской активности в 2014-2015 гг. стал наблюдаться тренд на прирост доли малых предприятий, сопоставимый с общероссийским. При этом оба региона заметно отстают от среднероссийских значений.

С целью выявления различий между Архангельской областью и ЯНАО по социально-психологическому компоненту предпринимательского потенциала нами были измерены установки населения двух субъектов РФ по отношению к предпринимательству (см. Рисунки 1-3).



Рис. 1 - Распределение ответов на вопрос «Задумывались ли Вы хотя бы раз о том, чтобы открыть свое дело?», %

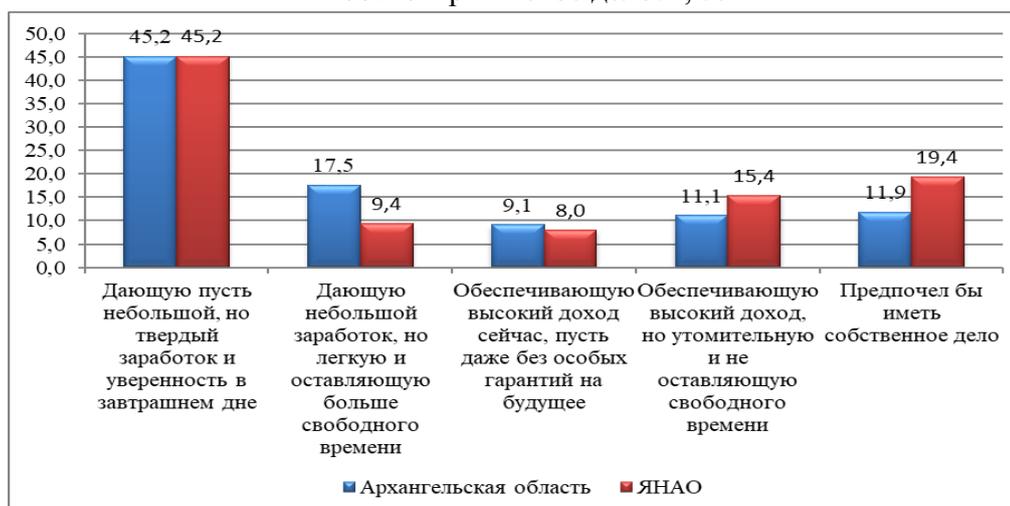


Рис. 2 - Распределение ответов на вопрос «Какую работу Вы бы предпочли, если бы могли выбирать?», %

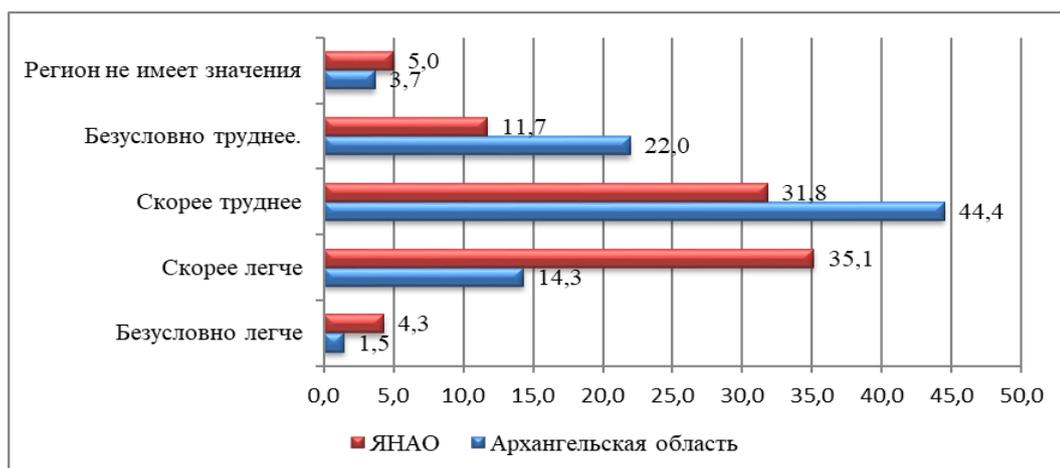


Рис. 3 - Распределение ответов на вопрос «Как вы думаете, в вашем регионе в сравнении с другими регионами России, начать свое дело и развивать бизнес легче или труднее?», %

Выводы, которые можно сделать на основании представленных данных следующие:

1. Жители Архангельской области больше (в сравнении с жителями ЯНАО) ориентированы на виды профессиональной деятельности, предполагающие не очень высокие заработки, но предоставляющие работнику больше времени для досуга. В отличие от них, жители ЯНАО в большей степени готовы к повышенным трудовым нагрузкам ради высоких заработков.

2. Население ЯНАО демонстрирует заметно более высокие показатели мотивации к предпринимательству нежели жители Архангельской области.

3. Респонденты из ЯНАО гораздо выше, чем жители Архангельской области, оценивают условия для занятия бизнесом в своем регионе и в РФ в целом.

Также нами был проведен дискриминантный анализ на предмет определения связи между принадлежностью респондентов к той или иной группе в зависимости от степени склонности к предпринимательству и различиями в ценностных ориентациях, которые наблюдаются между респондентами из разных групп такого рода. Для этого мы сгруппировали всех респондентов в три подвыборки: 1) те, кто пробовал открыть свое дело; 2) те, кто задумывался об этом; 3) те, кто не задумывался об этом (Табл.2,3). Дискриминантный анализ позволил нам выявить те ценности, приверженность которым статистически значимо различается в указанных трех группах. В основу перечня ценностей был положен список терминальных (базовых) ценностей М. Рокича, адаптированный для российских реалий А. Гоштаусом, А.А. Семеновым и В.А. Ядовым [8, С. 262-264].

Таблица 2. Результаты дискриминантного анализа, Архангельская область.

	Wilks' Lambda <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>	Sig.
Творчество, хобби	1,00	0,16	0,86
Семья и дети	1,00	0,88	0,41
Любовь, отношения	1,00	0,21	0,81

<sup>4</sup> Отношение меры внутригрупповой изменчивости к мере общей изменчивости, это критерий, используемый при проведении теста и показывающий, значимо ли различаются между собой средние значения дискриминантной функции в исследуемых группах.

<sup>5</sup> Отношение среднего квадрата (дисперсии) между группами к среднему квадрату внутри группы.

	Wilks' Lambda <sup>4</sup>	F <sup>5</sup>	Sig.
Здоровье	1,00	0,39	0,68
Гармония с окружающим миром	1,00	0,81	0,44
Общественное признание	1,00	0,18	0,83
<b>Успех в карьере</b>	<b>0,97</b>	<b>5,41</b>	<b>0,00</b>
Материальная обеспеченность	1,00	0,08	0,92
Личная безопасность и безопасность близких	1,00	0,79	0,45
Активная, деятельная жизнь	1,00	0,88	0,42
Удовольствие, развлечения	1,00	0,14	0,87
Жизненная мудрость	1,00	0,11	0,90
Мирная, спокойная жизнь	1,00	0,49	0,61
Порядок и стабильность	1,00	0,07	0,93
<b>Повышение образования и общей культуры</b>	<b>0,98</b>	<b>4,06</b>	<b>0,02</b>
Свобода, самостоятельность	1,00	0,71	0,49
Равноправие и справедливость	1,00	0,63	0,53
Красота природы и произведений искусства	1,00	0,44	0,65
Интересная работа	0,99	1,52	0,22

Таблица 3. Результаты дискриминантного анализа, Ямало-Ненецкий автономный округ.

	Wilks' Lambda	F	Sig.
Творчество, хобби	1,00	0,10	0,90
Семья и дети	0,99	0,82	0,44
Любовь, отношения	1,00	0,35	0,71
Здоровье	0,99	1,75	0,18
Гармония с окружающим миром	0,99	1,45	0,24
Общественное признание	1,00	0,44	0,64
<b>Успех в карьере</b>	<b>0,98</b>	<b>3,48</b>	<b>0,04</b>
Материальная обеспеченность	1,00	0,25	0,78
Личная безопасность и безопасность близких	0,99	1,53	0,22
Активная, деятельная жизнь	1,00	0,10	0,91
Удовольствие, развлечения	1,00	0,33	0,72
Жизненная мудрость	1,00	0,05	0,95
Мирная, спокойная жизнь	1,00	0,69	0,50
Порядок и стабильность	1,00	0,07	0,93
Повышение образования и общей культуры	0,99	1,92	0,15
Свобода, самостоятельность	1,00	0,43	0,65
Равноправие и справедливость	0,99	0,83	0,44
<b>Красота природы и произведений искусства</b>	<b>0,98</b>	<b>3,02</b>	<b>0,05</b>
<b>Интересная работа</b>	<b>0,99</b>	<b>3,11</b>	<b>0,03</b>

Таким образом, мы видим, что есть одна общая для двух регионов ценность, степень важности которой для респондентов, согласуется с их дифференциацией на активных предпринимателей, потенциальных предпринимателей и не склонных к предпринимательству, и ценность эта – карьерный успех.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта проекта РФФИ ( № 18-310-00167 мол\_а )*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логачева Е.С., Фияксель Э.А., Шубнякова Н.Г. Эволюция понятия «предпринимательский потенциал» // Инновации. 2016. № 9. С. 42-49.
2. Беззубенкова Н.А. Формирование и развитие предпринимательского потенциала малого бизнеса (на примере Оренбургской области): Автореф. дисс. ... канд. эконом. наук. М., 2006. 24 с.
3. Булакина О.Н., Горецкая Е.Н. Методические аспекты комплексной оценки предпринимательского потенциала муниципального образования // Известия УрГЭУ. 2009. № 4. С. 109-113.
4. Егорихина С.Ю. Предпринимательский потенциал населения региона // Проблемы развития территории. 2011. № 1 (53). С. 42-50.
5. Тихонова Н.Е., Чепуренко А.Ю. Предпринимательский потенциал российского общества // Мир России. 2004. № 1. С. 116-145.
6. Глухих П.Л. Социально-экономическая оценка реализации предпринимательского потенциала в муниципальных образованиях: Автореф. дисс. ... канд. эконом. наук. Екатеринбург, 2013. 26 с.
7. Шайхутдинова А.К. Предпринимательский потенциал казахстанского общества // Вестник университета Туран. 2018. № 1 (77). С. 38-45.
8. Саморегуляция и прогнозирование социального поведения личности: Диспозиционная концепция. 2-е расширенное изд. М.: ЦСПиМ, 2013.

## ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ И ЕЕ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

*А. Ю. Марецкая*

Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты,  
anna\_maretskaya@mail.ru

Сельское хозяйство - важнейшая отрасль мировой экономики, как и экономики любого государства, роль которой во многом говорит об уровне его развития. Именно сельское хозяйство обеспечивает потребности населения в жизненно важных продуктах питания, а предприятия пищевой и легкой промышленности в сырье.

Сельское хозяйство России представляет собой совокупность взаимосвязанных отраслей, специализирующихся на производстве сырья для пищевой, перерабатывающей промышленности и является центральным звеном агропромышленного комплекса (АПК), в состав которого включены разноплановые области экономики и отдельные отрасли промышленности, связанные с сельскохозяйственным производством.

Ведущей отраслью сельского хозяйства является растениеводство. На его долю приходится 54 % объёма сельхозпроизводства. Растениеводство включает в себя ряд отраслей: отрасль по выращиванию зерновых культур (пшеница, ячмень, рожь, кукуруза, гречиха, рис, сорго, просо), зернобобовых культур (горох, фасоль, чечевица, нут), отрасль по возделыванию масличных культур (подсолнечник, соя, рапс, рыжик, горчица), сахароносных культур (в РФ - сахарная свекла), картофелеводство, овощеводство (открытого грунта, защищенного грунта), садоводство, бахчеводство, отрасль по выращиванию прядильных культур (лен, хлопок, конопля), кормовых культур [1].

Животноводство России, наряду с растениеводством, формирует отрасль сельского хозяйства страны, составляет 46 % объёма сельскохозяйственного производства и подразделяется на ряд отраслей: скотоводство (молочного, молочно-

мясного, мясомолочного и мясного направлений), овцеводство, свиноводство, птицеводство, коневодство, козоводство, верблюдоводство, яководство, мараловодство, оленеводство, пчеловодство, пушное звероводство, прудовое рыболовство [2].

В отличие от других отраслей, сельское хозяйство очень зависимо от природно-климатических факторов. Они влияют на размещение сельскохозяйственного производства, его отраслевую структуру, обуславливают территориальные различия и нестабильность объемов производства по годам. Таким образом, климатический фактор является первичным и важнейшим фактором сельскохозяйственного производства.

Свойства климата, обеспечивающие возможность ведения сельскохозяйственного производства называют агроклиматическими ресурсами. Они оцениваются с помощью показателей соотношения тепла и влаги, которые оказывают существенное влияние на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Так, основные агроклиматические ресурсы мира сосредоточены на территории таких крупных государств, как Россия, США, Украина, Китай, Канада и Австралия, в которых преобладает климат умеренных и субтропических широт. Однако, говорить о полной обеспеченности данным видом ресурсов в этих странах не имеет смысла. Например, в Китае, несмотря на значительные водные запасы и большие площади сельхозугодий, агрессивное развитие обрабатывающей и горнодобывающей промышленности привело к тому, что многие реки оказались загрязнены и непригодны для производства качественной продукции. В то же время, такие страны, как Голландия и Израиль, имея малые территории и сложные климатические условия, становятся лидерами в производстве продуктов питания, благодаря использованию современных технологий в сельском хозяйстве, позволяющих компенсировать недостаток тепла, влаги или солнечного света [3]. Таким образом, все чаще небольшие государства выходят на лидирующие позиции по сельскохозяйственному производству<sup>6</sup>.

Расположение России в умеренных и высоких широтах и ее обращённость к арктическому бассейну имеет важное значение для ее агроклиматического потенциала, что в свою очередь создает возможность для разностороннего развития такой отрасли сельского хозяйства, как растениеводство.

Агроклиматические ресурсы зональны. Так, на Крайнем Севере избыточное увлажнение и недостаток тепла и освещения делают возможным только очаговое земледелие и тепличное хозяйство (таблица 1). В пределах северной половины умеренного пояса, в подзоне тайги, климат теплее и сумма активных температур составляет 1000-1600°. Это позволяет выращивать рожь, ячмень, бобовые, лен, картофель, кормовые травы. В пределах южной половины умеренного пояса, в подзоне смешанных лесов и зоне лесостепи сумма активных температур составляет 1600-2200°, где выращивают пшеницу, овес, лен, коноплю, гречиху, сахарную свеклу, кормовые культуры для животноводства. Наиболее благоприятными районами для земледелия с оптимальным соотношением тепла, влаги и суммой активных температур 2200-3400° являются степные районы юго-востока Русской равнины, Юг Западной Сибири и Предкавказья (Краснодарский край, Воронежская, Пензенская, Рязанская области), где выращивают озимую пшеницу, кукурузу, рис, подсолнечник, теплолюбивые овощи и фрукты. И наконец, самый южный субтропический пояс на черноморском побережье Кавказа с суммой активных температур более 3600°, где выращивают чай, виноград, мандарины [4, с. 119-122].

Что касается отрасли животноводства, то его специализация и размещение в России, как и в мире в целом, обнаруживает сильнейшую зависимость от размеров и

---

<sup>6</sup> Что касается России, то, как отмечают специалисты, имеющиеся агроклиматические ресурсы и преимущества умеренного пояса, в котором находится значительная часть европейской территории страны, используются не в полной мере.

характера кормовой базы в разных природных зонах и районах, географии потребителей и производителей животноводческой продукции.

Скотоводство является наиболее крупной по объему производимой продукции отраслью животноводства страны (дает более 60% валовой продукции в год). Крупный рогатый скот разводят повсеместно, однако одни районы специализируются на разведении скота молочного направления, другие - мясного.

Молочное направление в развитии крупного рогатого скота характерно для районов, расположенных в лесной и лесостепной зонах: Северо-Западный, Северный (Вологодская область), Центральный, Волго-Вятский, Уральский (Пермская область, Удмуртия). Небольшая распаханность территории, обилие естественных лугов, высокий удельный вес кормовых культур в составе пахотных угодий создают благоприятные условия для развития молочного животноводства в этих районах. Молочно-животноводческую специализацию имеют все хозяйства пригородного типа с целью снабжения цельным молоком городов [5].

В районах, расположенных в степной зоне и прилегающих к ней областях полупустынной зоны, разводят крупный рогатый скот преимущественно мясного направления, в составе стада меньше процент коров и больше - выращиваемого на мясо молодняка. Это южная часть областей Центрально-Черноземного района, Северо-Кавказский район, Нижнее Поволжье, юг Урала и Сибири. На этих территориях земли сильно распаханы, естественные пастбища и пахотные угодья имеют мало сочных кормов. Наряду с полевыми и стойловыми кормами, для развития мясного скотоводства в большом количестве здесь используют отходы переработки технических культур - сахарной свеклы, подсолнечника и др.

Свиноводство широко представлено в районах развитого зернового хозяйства, картофелеводства, свекловодства (Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Волго-Вятский, Поволжский). Во всех экономических районах свиноводство получило развитие в хозяйствах пригородного типа. Основу кормления свиней составляют здесь отходы пищевой промышленности и общественного питания. Разводят свиней сального, мясного, ветчинного и беконного направления.

Овцеводство в основном распространено в засушливых степных, предгорных и горных районах Северного Кавказа, степных и полупустынных районах Нижнего Поволжья (Калмыкия, Астраханская и Волгоградская область) и Южного Урала (Оренбургская область). В этих районах овцеводство является профилирующей отраслью хозяйства. Во многих районах средней полосы европейской части России, на Среднем Урале, в Западной и Восточной Сибири овцеводство выступает в качестве важной дополнительной отрасли (использует непригодные для других видов скота пастбища и пр.).

Птицеводство (производство яиц и мяса птицы) опирается на корма, основой которых является фуражное зерно. Поэтому наибольшего развития оно достигло в главных зерновых районах страны - на Северном Кавказе, в Центральном Черноземье, Поволжье. Птицеводство тяготеет также к местам потребления продукции - густонаселенным районам (Центральный, Северо-Западный), крупным городам.

Коневодство развито на Северном Кавказе, юге Урала и Сибири (горно-степные районы Алтая, Бурятии и Якутии).

Верблюдоводство размещается в засушливых степных и полупустынных районах Калмыкии, Астраханской, Волгоградской и Оренбургской области. Отрасль предназначена для разведения верблюдов, используемых в качестве тягловой силы, источника получения высококачественной шерсти и молока.

Оленеводство - отрасль специализации районов тундры и северной тайги (Магаданская и Архангельская, Мурманская область, Республика Коми в Северном районе; Тюменская область, Красноярский край в Сибири; Камчатская область,

Республика Саха на Дальнем Востоке). Кормовой базой для оленей служат здесь мохово-лишайниковые пастбища<sup>7</sup>.

Таким образом, на размещение и специализацию отраслей сельского хозяйства преобладающее влияние оказывают следующие природно-климатические факторы: качество почв, продолжительность безморозного периода, сумма активных температур (обеспеченность теплом), суммарная солнечная радиация (обеспеченность светом), условия увлажнения, количество осадков, обеспеченность водными ресурсами, рельефные условия местности и др.

Однако, не все регионы РФ обладают благоприятными природно-климатическими условиями для ведения сельского хозяйства. Почти пятая часть территории страны находится в арктическом и субарктическом поясах - Арктической зоне РФ (АЗРФ). Значительно отличаясь природно-экономическими, демографическими и иными условиями от других регионов страны, АЗРФ имеет свои отличительные черты:

- экстремальные природно-климатические условия, включая постоянный ледовый покров или дрейфующие льды в арктических морях;
- очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения (1-2 чел. на 10 км<sup>2</sup>);
- удаленность от основных промышленных центров, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России;
- уязвимость природы от техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) и производственной деятельности человека [6].

Арктическая зона России является крупнейшей в мире - ни одна страна не имеет столь обширных территорий за Полярным кругом. Несмотря на то, что в Арктике проживает менее 1,5% всего населения России, арктические регионы дают стране около 11% национального дохода и около 20% ВВП [7].

В мае 2014 года Президент Российской Федерации подписал указ № 296, который определил сухопутные территории АЗРФ. Согласно этому документу, такими территориями признаются: Мурманская область, Ненецкий, Чукотский, Ямало-Ненецкий автономные округа, муниципальное образование городского округа «Воркута» (Республика Коми). Кроме того, в Арктическую зону вошли городской округ Норильска, Таймырский Долгано-Ненецкий и Туруханский районы Красноярского края, ряд территорий Архангельской области, включая муниципальное образование «город Архангельск», восемь улусов Якутии, а также земли и острова, расположенные в Северном Ледовитом океане, которые были объявлены территорией Советского Союза Постановлением Президиума ЦИК СССР от 15 апреля 1926 года [8].

Несмотря на низкий агроклиматический потенциал, высокие производственные издержки и риски, развитие отраслей АПК и сельскохозяйственного производства в арктических регионах является, в первую очередь, основой их продовольственной безопасности.

Обеспечение продовольственной безопасности является одним из приоритетных направлений государственной экономической политики. В основе продовольственной проблемы и одного из ключевых ее составляющих элементов – продовольственной безопасности - лежат основополагающие права человека на питание. От степени удовлетворения физиологических потребностей организма в компонентах определенного энергетического насыщения пищевого рациона, его соответствия научно обоснованным нормам зависит здоровье человека [9, с. 33]. И в целом,

---

<sup>7</sup> Среди стран СНГ высоким уровнем разведения животноводства выделяются Украина (разводят крупный рогатый скот, овец, свиней всех направлений), Казахстан (скотоводство, овцеводство), республики Средней Азии (овцеводство каракумского и курдючного направлений).

ухудшение продовольственного обеспечения населения способно стать значительной угрозой внутренней безопасности всей страны.

Экстремальность воздействия климатических условий Севера на человека предъявляет особые требования к формированию соответствующей социально-экономической среды, которая бы сводила к минимуму факторы риска проживания, среди которых:

- угроза для человека как биосистемы, связанная с нарушениями рациона питания и, прежде всего, с низким уровнем потребления важнейших видов продовольственных продуктов, что непосредственно сказывается на росте заболеваемости;

- риски, связанные с потреблением некачественных продуктов питания;
- угроза возникновения социально-экономической обстановки, препятствующей физической, экономической и устойчивой доступности продовольствия значительной части населения;

- риск возникновения социально-политической напряженности и массовых протестных действий населения.

Продовольственная безопасность арктического региона базируется на рациональном сочетании местной и ввозимой продукции, рациональном разделении труда в сфере агропродовольственного производства, отсутствии барьеров при межрегиональной торговле продовольствием.

Полноценное питание населения арктических регионов не может быть обеспечено без надлежащего функционирования регионального АПК и сельского хозяйства. По данным Института гигиены питания, человек, проживающий на Севере, должен в 1,3-1,5 раза больше потреблять мяса, молока, яиц, овощей. При этом, это должна быть свежая диетическая продукция, обеспечение которой по большей части может быть только за счет местного производства.

Кроме того, отрасли традиционного природопользования (такие как оленеводство, рыбный и охотничий промыслы, сбор дикоросов) составляют основу жизни питания коренных народов Севера, которые рассматриваются как хрупкие реликтовые социально-экологические системы, нуждающиеся в бережном отношении со стороны общества и поддержке государства. Их численность составляет около 200 тысяч человек. Возможность их выживания и развития в современных условиях представляет собой важную научную и социальную проблему. Сохранение условий для развития традиционных отраслей – основа жизнедеятельности этих народов, необходимое условие их существования.

Россия с ее огромными северными территориями вполне может занять нишу экспортера экологически безопасных продуктов питания. Именно в районах Крайнего Севера сельскохозяйственная продукция производится с минимальными экологическими рисками. Примером для нас могут служить Швеция, Финляндия, Норвегия, в которых более 60% хозяйств включены в экологические программы, а около 10% - полностью заняты производством данной продукции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новицкий И. Особенности растениеводства в России // Сельхоз портал. – 2016 [Электронный ресурс] – Режим доступа - URL: <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/articles/rastenievodstvo-v-rossii-ego-osobenn/> (Дата обращения: 11.04.2018)
2. Особенности животноводства в России // Сайт о животноводстве и овощеводстве. – 2017 [Электронный ресурс] – Режим доступа - URL: <https://goferma.ru/zhivotnovodstvo/obshhie-dannye/zhivotnovodstvo-v-rossii.html> (Дата обращения: 22.05.2018)

3. Мар Е. Агроклиматические ресурсы земли // ФБ. – 2017 [Электронный ресурс] – Режим доступа - URL: <http://fb.ru/article/348801/agroklimaticheskie-resursyi-zemli> (Дата обращения: 22.05.2018)
4. Щанкина Е.Г. Влияние климатических факторов на хозяйство России // Материалы XIII международной студенческой научно-практической конференции «Молодежный научный форум: Естественные и медицинские науки». - Москва, 2017. - № 3(42). - С 119-122
5. Животноводство в России // Геолого-географическое и техноэкологическое обозрение. – 2017 [Электронный ресурс] – Режим доступа - URL: [http://geoglobus.ru/info/review21/geo\\_otrasl\\_rus\\_715.php](http://geoglobus.ru/info/review21/geo_otrasl_rus_715.php) (Дата обращения: 3.02.2018)
6. Арктический регион // ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. - 2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа- URL: <http://arctica.igps.ru/> (Дата обращения: 15.05.2018)
7. Регионы Арктической зоны РФ // Arctic info. – 2018 [Электронный ресурс] – Режим доступа - URL: <http://www.arctic-info.ru/encyclopedia/countries-and-regions/regiony-arkticheskoy-zony-rf/> (дата обращения: 11.05.2018)
8. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. утверждена Президентом РФ
9. Марецкий Ю.А., Марецкая В.Н. Проблема продовольственной безопасности в условиях мирового финансового кризиса / Ю. А. Марецкий, В. Н. Марецкая / Север и рынок: формирование экономического порядка. - 2009. - №3(24). - С. 33.

## **ВОСПРИЯТИЕ НАСЕЛЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ НАО И ЯНАО)**

*Г.В.Михайлова*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [g.mikhaylova@fciarctic.ru](mailto:g.mikhaylova@fciarctic.ru)

Необходимость учета общественного мнения при использовании природных ресурсов, а также принятии управленческих решений отмечается в ряде законодательных актов РФ, в том числе в Законе «Об экологической экспертизе». Привлечение населения к оценке, мониторингу последствий трансформации природной среды позволяет получить большой комплекс разнообразных характеристик в их связи с насущными нуждами жизнедеятельности и природопользования; расширить информативность о происходящих изменениях на конкретных территориях постоянного проживания людей. Особенно актуально изучение восприятия населением состояния окружающей среды, источников повышенной экологической опасности на арктических территориях, где реализуются крупномасштабные проекты по добыче природных ресурсов.

Методы и материалы. Анализируются материалы фокус-групп населения в Ненецком автономном округе (2014 г., 2015 г., 2017 г.) и Ямало-Ненецком автономном округе (2013 г.). В Ненецком автономном округе (в городе Нарьян-Мар, поселке Бугрино, селе Несь) были проведены 9 фокус-групп, в том числе представителей сельского хозяйства; медицины; образования; пенсионеров. В Ямало-Ненецком автономном округе (в городах Салехард, Новый Уренгой, Ноябрьск, Лабытнанги, Надым, Тарко-Сале; сельских населенных пунктах Аксарка, Тазовский, Яр-Сале) были проведены 18 фокус-групп, в том числе представителей органов власти; организаций

промышленности; сельского хозяйства; коммунально-бытового хозяйства; транспорта; медицины; образования; молодежи; пенсионеров.

Результаты исследования показали, что в восприятии населения округов наиболее актуальными проблемами состояния окружающей среды являются: проблемы отходов, свалок; проблемы питьевого водоснабжения, низкого качества питьевой воды; загрязнение рек и озер. Для жителей малых населенных пунктов, национальных поселков, где продукты традиционного природопользования используются для жизнеобеспечения, также актуальны проблемы деградации оленьих пастбищ; истощение рыбных ресурсов, незаконная добыча ценных видов рыб; и др. Результаты анализа восприятия населением состояния окружающей среды были сопоставлены с задачами по решению природоохранных проблем, обозначенными в региональных программах окружного, муниципального уровней. Ряд важных, по мнению населения, проблем отсутствует в программных документах, таким образом, существующие программные методы природоохранного управления не позволяют в полной мере учесть интересы местных сообществ в сфере охраны окружающей среды.

## **РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ В АРКТИКЕ**

*Н.Р. Пирихалава<sup>1</sup>, А.А. Карпов*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, nanahoroshaya@gmail.com

Российская Арктика – это ресурсная кладовая общенационального и международного масштаба. В морях Северного Ледовитого океана проходят трассы Северного морского пути, которые предназначены для транспортного обеспечения национальных проектов развития – обеспечения ресурсами национальной экономики, снабжения населения, проживающего в арктическом регионе страны, а также решения вопросов национальной безопасности.

Морской лед является наиболее важной характеристикой Северного Ледовитого океана и быстро меняется. Протяженность и толщина многолетнего морского льда в Арктике за последние несколько десятилетий значительно сократилась [1,2]. Ожидается, что отступление арктического морского льда предоставит новые морские пути для морских судов, следующих через Северный Ледовитый океан. Во всем мире плотность морских перевозок непропорционально сконцентрирована в регионах средней широты, но некоторые маршруты в Арктике вызывают интерес, особенно для рейсов арктических портов. Например, в США, согласно прогнозам, к 2025 году движение судов возрастет где-то между 100% и 500% [3]. За последнее десятилетие перевозки по Северному морскому пути (СМП) или вдоль него значительно увеличились. Более того, суда проходят через арктические воды быстрее, чем в предыдущие годы. Например, в 2018 году российский танкер совершил плавание по СМП в рекордно короткие сроки без помощи ледокола. Ожидается, что движение судов по северному маршруту будет расти. Судходство остаётся самым дешёвым и наиболее часто практикуемым видом транспортировки грузов по всему миру, занимая первое место в структуре мирового грузооборота. По данным ООН, сегодня удельный вес тоннажа морского транспорта в общем объёме перевозок грузов между Азией и Европой составляет 99,8 % [4, 5]. СМП обладает важным преимуществом перед традиционными путями транзита: он примерно на треть короче маршрутов через Суэцкий и Панамский каналы, что означает экономию времени и денежных средств на судовое топливо. Его конкурентоспособность в отношении трансконтинентальных

перевозок возрастает также в связи с тем, что Россия может переориентировать на СМП и свою транзитную грузовую базу европейской части. В таблице 1 приведено сравнение двух морских маршрутов по расстоянию. Коммуникационная система выражена Северным морским путем, образующая транспортную магистраль широтного направления. К северному маршруту в транспортном отношении привлечены крупные экономические районы, занимающие территорию 11 млн км<sup>2</sup> и составляют 2/3 территории Российской Федерации с численностью населения около 10,9 млн. человек - 7,6% от численности населения страны при плотности населения 98 человек на 100 км<sup>2</sup>. Важное значение Северный морской путь как транспортная магистраль имеет для обеспечения жизнедеятельности Арктической зоны России площадью 5 млн км<sup>2</sup> и населением свыше 1 млн. человек и потребностей промышленного освоения прилегающих к трассе районов. Анализ развития и использования транспортной системы Арктической зоны России свидетельствует, что морской транспорт в северных широтах арктической и субарктической зон является в настоящее время практически безальтернативным и наиболее эффективным способом транспортировки техники, технологического оборудования, промышленных товаров, в том числе лесные грузы, продовольствия, необходимые для функционирования территориально-производственных комплексов, которые расположены в прибрежной зоне арктических морей и жизнеобеспечения проживающих в зоне людей. Основным фактором, влияющим на использование северного маршрута, является непредсказуемость рынка грузовых перевозок [6]. Это трудно оценить из-за колебаний в разных сегментах логистической цепи.

Таблица 1 - Расстояния маршрутов Европа - Азия

Отправление из	Порт назначения	Расстояние (Суэцкий канал), морских миль	Расстояние СМП, морских миль
Архангельск	Шанхай	13 500	6 900
	Осака	12 800	6 600
	Гонконг	11 800	6 400
	Сингапур	10 400	5 700
	Токио	13 108	6 800
Роттердам	Шанхай	10 600	7 800
	Осака	10 900	8 100
	Гонконг	9 800	8 400
	Сингапур	8 400	9 800
	Токио	11 300	7 000

Основным фактором является экономия, достигаемая за счет использования северного маршрута, относительно традиционных маршрутов. Другими важными факторами являются различие в стоимости в транспортируемой продукции на азиатских и западных рынках, время доставки. В целом, высокие цены на сырьевую продукцию и, в частности, высокий спрос на Азиатском рынке являются текущими драйверами транспортировки по трассам северного маршрута. Транспортировка лесной продукции, углеводородов и минеральных руд из Северо-Западной части России на азиатские рынки по Северному морскому пути (СМП) считается альтернативным маршрутом доставки с высокой экономией [6]. Сегодня, как и в ближайшем будущем, в первую очередь будут рассматриваться сухие навалочные суда и танкеры, проходящие через СМП в пункты назначения за пределами Арктики. Крупные контейнерные перевозки по СМП в рамках мировой торговли весьма проблематичны, так как приведенные выше факторы не могут быть выполнены даже в течение навигационного

сезона (Рис. 1). В течение навигационного сезона по СМП такое точное временное планирование может стать реальностью в ближайшие годы. Арктические регионы России обретают новое значение в связи с развитием мирохозяйственных связей, в результате которых уже в ближайшей перспективе возрастает роль и значение Северного морского пути. Глобализация мировой экономики стимулирует создание нового межконтинентального транспортного маршрута между Европой и Азией. В табл. 2 приведено сравнение показателей морских маршрутов.

Таблица 2 - Сравнение показателей по маршрутам Европа - Азия

Показатель	Морские маршруты		Вывод
	Суэцкий канал	СМП	
Расстояние (морские мили)	11 600	7 400	Маршрут: Иокогама – Гамбург через Суэцкий канал (11 600 миль) и СМП (7 400/ -36%)
Расход топлива	высокий	низкий	Маршрут: Норвегия -Китай. Доставка через СМП экономит 550 000 долларов на расходах на топливо, по сравнению с перевозкой через Суэцкий канал (навалочное судно Nordic Barents)
Время транспортировки	32 дня (15 узлов)	18 дней (15 узлов)	Маршрут: Северо-Западная Европа (Лондон) – Иокогама. Перевозка через СМП экономит 14 дней в пути, по сравнению с Суэцким каналом, используя ту же скорость
Стоимость транспортировки	высокая	низкая	Маршрут: Северо-Западная Европа (Гамбург) – Иокогама. Транспортные расходы через СМП (USD / TEU) <1 123; через Суэцкий канал (USD / TEU) 1 299
Экономия затрат	низкая	высокая	Анализ затрат может в значительной степени зависеть от изменений цен на топливо, а также от сборов СМП и Суэцкого канала

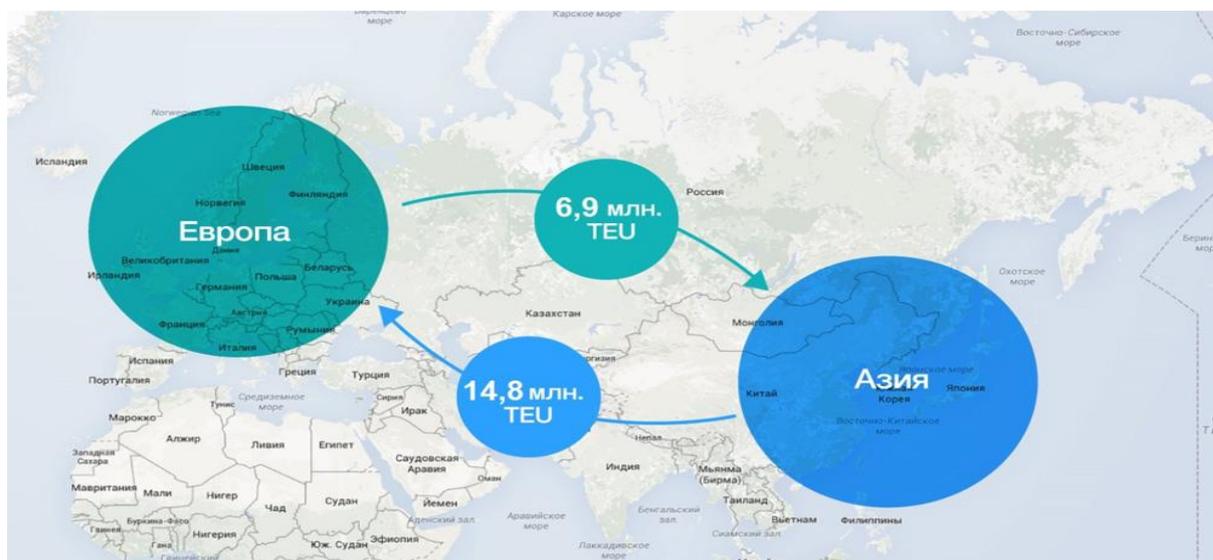


Рис. 2 - Объем контейнерных перевозок между Европой и Азией за 2018 год

В связи с глобальным потеплением и постепенным ограничением на навигацию, наступит эра открытия северного маршрута. Увеличение объема морской торговли в результате углубления глобализации, международной специализации и расширения зоны свободной торговли усиливает преимущества СМП. Другая причина

использования северного маршрута заключается в необходимости исследования природных ресурсов Арктики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. N.A. Marchenko, N. Andreassen, O.J. Borch, S. Yu, V. Ingimundarson, U. Jakobsen. Arctic shipping and risks: emergency categories and response capacities. *TransNav* Volume 12, Issue 1, 2018, 107-114 p.
2. R. Kwok, D.A. Rothrock. Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958–2008. *Geophys. Res. Lett.* 36, 2009, 1-5 p.
3. Todd C. Stevenson Jeremy Davies, Henry P. Huntington, Whit Sheard. An examination of trans-Arctic vessel routing in the Central Arctic Ocean. *Marine Policy*, Volume 100, 2019, 83-89 p.
4. Тодоров А.А. Международный транзитный потенциал Северного морского пути: экономический и правовой аспекты // Проблемы национальной стратегии. 2017. №3 (42). URL: <https://riss.ru/images/pdf/journal/2017/3/11.pdf> (дата обращения 18.02.2019).
5. Пегин Н.А. Национальная арктическая транспортная линия: проблемы и перспективы // Арктика и Север. 2016. № 23. URL: <http://narfu.ru/university/library/books/2770.pdf> (дата обращения: 18.02.2019).
6. Пирцхалава Н.Р., Карпов А.А., Дербин М.В. Национальная транспортная коммуникация в Арктике // Лесотехнический журнал. 2018. №2. DOI: 10.12737/article\_5b2406187a0061.41499175 URL: [http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal\\_pdf/185-195.pdf](http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/185-195.pdf) (дата обращения 18.02.2019).

#### **ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ В АЗРФ**

*О.И. Селянин*

ООО «Инженерный центр «Энергосервис»», г. Архангельск, [paradiddle16@yandex.ru](mailto:paradiddle16@yandex.ru)

Производственные предприятия в нашей стране находятся в условиях жесткой конкуренции с зарубежными фирмами. Безусловно, существуют отрасли менее подверженные этому, например, оборонная промышленность. В производстве высокотехнологичных устройств в России проблема соперничества с иностранным бизнесом стоит наиболее остро.

Для обеспечения экономической и энергетической безопасности нашей страны необходимо создание производств высокотехнологичных устройств на территории России и под управлением отечественных компаний. Важным этапом реализации данного процесса является создание предприятий, осуществляющих сборку и обслуживание продукции, разработанной на территории страны, но использующих на текущий момент зарубежные комплектующие. В современной экономической ситуации это необходимая стадия, обеспечивающая широкое внедрение технологий в отрасли, что создаст предпосылки для развития предприятий-производителей компонентной базы устройств.

Для реализации Стратегии развития Арктической зоны РФ [1] необходимо создание и развитие таких предприятий в сфере энергетики на данной территории ввиду ее удаленности от основных транспортных коммуникаций, специфических климатических условий и связанных с этим требований к энергетическому комплексу, что обуславливает запрос на современный высокотехнологичные системы измерений и

учета для эффективной диспетчеризации перетоков мощности электроэнергии. Это накладывает определенные условия на управленческие решения, которые могут применяться в организациях.

Одной из ключевых проблем становится внедрение такой (либо совершенствование существующей) системы производства продукции, которая позволила бы успешно функционировать данному предприятию и конкурировать как с отечественными, так и зарубежными компаниями. Данная система управления должна учитывать ряд региональных и отраслевых особенностей.

В первую очередь, это особые требования к качеству выпускаемых изделий. Совершенно очевидно, что надежность продукции для энергетики имеет первостепенную важность. Соответственно, система управления предприятием, изготавливающим оборудование для нужд данной отрасли, должна иметь повышенные меры предосторожности от выпуска брака. Как пример такой системы можно привести концепцию бережливого производства, где выпуск дефектных изделий снижен за счет постоянного контроля на каждой стадии производства [2-4].

В то же время необходимо решение проблем поставок комплектующих для производства. Расположение предприятий в арктической зоне страны, т.е. в регионе значительно удаленном от центра, с учетом слабо развитой транспортной инфраструктуры, делает эту проблему очень серьезной. В таких условиях применение системы «точно в срок» (just in time, JIT) [5] становится нецелесообразным, а зачастую и невозможным. Предприятие вынуждено иметь определенный запас (safety stock) комплектующих для поддержания непрерывности производства. В данном случае представляется более эффективным использование ERP-систем (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов производства) для планирования сроков поставок компонентов, выполнения заказов и объемов производства в целом. Следует отметить, что использование ERP-систем на текущий момент является практически универсальным и повсеместно применяемым решением для предприятий среднего и крупного бизнеса благодаря распространению пакетированных решений от многих разработчиков [6].

В современных условиях предприятию требуется определенная гибкость производства для создания вместе с заказчиком специфических решений на объектах. В частности, в рамках стратегии цифровизации энергетики, происходит модернизация работающих электрических подстанций, когда, помимо внедрения стандартизированных приборов (либо модулей) в количествах, предусматриваемых технологией, часто возникает необходимость выполнения заказов, отличающихся от обычных и связанных с оригинальными планами реконструкции объектов энергетики.

Немаловажно то, что система управления не должна требовать значительных единовременных денежных затрат на ее внедрение на предприятии. Высокая стоимость может стать серьезной преградой для развивающейся не крупной компании.

Все вышеуказанное приводит к тому, что наиболее перспективным выглядит использование пакетных (готовых) решений ERP-систем, настроенных надлежащим образом для нужд компании. Такие решения, несмотря на то, что все равно являются в определенной мере дорогими, значительно дешевле создания уникальной модификации системы одного из ведущих производителей, заточенной под работу на конкретном предприятии. Так же представляется целесообразным и перспективным внедрение элементов бережливого производства для увеличения эффективности самого процесса производства продукции и снижения издержек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: // <http://government.ru/info/18360/> (дата обращения 03.05.2019).

2. Новиков О.А., Сквиря Д.В. Некоторые аспекты современных методов управления промышленными предприятиями // Интернет-журнал Науковедение. 2013. №6 (19). [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-sovremennyh-metodov-upravleniya-promyshlennymi-predpriyatiyami> (дата обращения 14.04.2019).
3. Ключков Ю.П. «Бережливое производство»: понятия, принципы, механизмы // ИВД. 2012. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-ponyatiya-printsipy-mehanizmu> (дата обращения 14.04.2019).
4. Энциклопедия производственного менеджера: Канбан [Электронный ресурс] // Управление производством. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.urpro.ru/encyclopedia/kanban-sistema.html> (дата обращения 14.04.2019).
5. Уильям Дж. Стивенсон. Системы "точно-в-срок" (just-in-time): разработка и внедрение [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.urpro.ru/library/production\\_management/jit/jit\\_development.html](http://www.urpro.ru/library/production_management/jit/jit_development.html) (дата обращения 14.04.2019).
6. Гайфуллин Б., Обухов И. Современные системы управления предприятием // Компьютер Пресс. 2001. № 9. С. 23–27.

## **ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ДОБЫЧЕ АЛМАЗОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА СОСТОЯНИЕ РЕКИ ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА**

*С.Б. Селянина, Е.Ю. Чуракова, Г.В. Михайлова, Т.И. Пономарева*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [gumin@fciactic.ru](mailto:gumin@fciactic.ru)

Приарктические и Арктические регионы богаты полезными ископаемыми, что определяет специфику хозяйственной деятельности человека на данных территориях. Основными хозяйственными комплексами АЗРФ являются природоэксплуатирующие отрасли сырьевой специализации [1]. В то же время северные территории отличаются низкой устойчивостью к внешним воздействиям и малой скоростью самовосстановления. Именно поэтому, первоочередным становится мониторинг и своевременное устранение дисбаланса в хрупких экосистемах Севера.

Архангельская алмазоносная провинция расположена на Беломорско-Кулойского плато [2]. Это уникальный, один из последних в Европе хорошо сохранившихся в естественном состоянии природных комплексов.

Производства ПАО «Севералмаз», осуществляющего добычу алмазов открытым способом на севере Архангельской области, сертифицированы. Ведется экологический мониторинг атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв, растительности, ихтио- и охотфауны [3]. Тем не менее, вызывают опасения последствия добычи алмазов открытым карьерным способом, проявляющиеся в изменении состояния реки – основного источника воды местных жителей, мест нереста семги и другой рыбы.

Цель настоящего исследования – выявление изменений в состоянии природных комплексов р. Зимняя Золотица вне зоны непосредственного воздействия алмазодобывающего предприятия. Одним из объектов изучения стали настоящие водные сосудистые растения, поскольку известно, что их видовой состав характеризует экологическое состояние водных объектов [4]. Параллельно для выявления восприятия людьми возможных изменений в состоянии природных комплексов проведены социологические исследования с участием местных жителей. Помимо того, для понимания процессов переноса загрязняющих веществ выполнен комплекс

лабораторных экспериментов, моделирующих поступление сапонит-содержащей суспензии в водоток, как непосредственно, так и через поля фильтрации, то есть через верхний слой торфа верховых сфагновых болот.

Основные факторы прямого воздействия на окружающую среду со стороны горно-обогатительного комбината: понижение уровня грунтовых вод и изменение гидрологического режима, эоловый перенос твердых частиц с терриконов вскрышных и отработанных пород, поступление в русло р. Зимней Золотицы вод с хвостохранилищ, заполненных мало осаждающейся суспензией мелкодисперсного глинистого материала – сапонита, а также карьерных вод [5].

В приустьевой части р. Зимняя Золотица располагаются две поморские деревни (Верхняя и Нижняя Золотицы) с общей численностью населения около 250 человек. Они во многом сохранили традиционный уклад жизни и тип природопользования. После запрета на добычу морского зверя основным источником дохода в этих населенных пунктах стал рыбный промысел, в том числе сезонный лов семги.

Результаты социологических исследований изменений в состоянии природных комплексов р. Зимней Золотицы в восприятии местного населения показывают, что среди участвующих в анкетном опросе местных жителей ( $n = 32$ ) наибольшее число людей считают воду в водоемах загрязненной. Участники интервью ( $n = 6$ ) и фокус-групп ( $n = 14$ ) отметили целый ряд изменений, таких как обмеление реки, снижение уровня грунтовых вод (с 1970-х гг.); изменение характера грунтов в нижнем течении реки (с 1980-х гг.); изменение сроков ледостава и ледохода. Населением за последние семь лет замечены три случая когда, вода в реке приобретала специфическое розово-красное окрашивание. Подобный цвет может придавать водным потокам сапонит – мелкодисперсный глинистый материал, компонент кимберлитовых пород Архангельской алмазоносной провинции [6].

В результате экспедиционных работ 2018 года и ретроспективного анализа описаний БИН выявлено снижение частоты встречаемости видов, способных произрастать в слабо минерализованных водах (*Nymphaea candida*, *Potamogeton natans*, *Persicaria amphibia*), а также впервые зафиксированы виды (*Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens* и *P. Pectinatus*), относящиеся к более теплолюбивым, встречающиеся обычно в водоемах с повышенной минерализацией и требовательные к обеспеченности азотом. Следует отметить, что находки *Elodea canadensis* в обследованном нами районе на сегодняшний день являются самыми северными для территории Европейской равнины [7].

Лабораторное моделирование поступления сапонит-содержащей суспензии как непосредственно в водоток, так и через поля фильтрации (через верхний слой торфа верховых сфагновых болот) демонстрирует раскисляющее действие сапонитов и высокую буферную способность торфа. Вместе с тем, выявлена склонность сапонита к образованию с гуминовыми веществами межмолекулярных органоминеральных ассоциатов, что может способствовать переносу частиц минерала на большие расстояния – от верховья реки, где располагается горно-обогатительный комбинат, до низовий р. Зимней Золотицы. Кроме того, это объясняет их аккумуляцию в донных отложениях и наилках, а также пролонгированный характер десорбции минеральных веществ, что, в свою очередь, может способствовать изменениям в составе и частоте встречаемости гидрофитов.

Следует отметить также косвенное влияние разработки месторождения алмазов, обусловленное развитием дорожной сети и активным посещением верховий р. Зимней Золотицы рыбаками и охотниками, приезжающими сюда из областного центра. Это способствует заносу диаспор новых для территории видов гидрофитов в реку. Мощные паводки, характерные для р. Зимней Золотицы, благоприятствуют широкому расселению новых видов гидрофитов как по основному руслу, так и в старичных озерах и рукавах. Это в комплексе с обогащением вод биогенными элементами и

минеральными веществами приводит к интродукции видов-вселенцев и угнетению аборигенных видов растений.

Полученные данные подчеркивают важность сохранения охранного режима для данной территории и важны не только для понимания происходящих изменений, но и для планирования рекультивационных мероприятий в будущем в целях сохранения р. Зимней Золотицы как семужьенерестовой.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-05-60151 Арктика.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селин В.С., Вышинская Ю.В. Экономика арктических регионов и корпораций на современном этапе // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. №4 (23). С. 90-99
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера». 2004. 283 с.
3. Годовой отчет ПАО «Севералмаз» за 2017 год [Электронный ресурс] Точка доступа: <http://www.severalmaz.ru/investoram/godovye-otchety/>. Дата обращения: 01.03.2017
4. Poikane S., Portielje R., et al. 2018. Macrophyte assessment in European lakes: Diverse approaches but convergent views of “good” ecological status // Ecological Indicators. Vol. 94. P. 185–197. DOI:10.1016/j.ecolind.2018.06.056
5. Иванов А.К. Оценка воздействия добычи алмазов на окружающую среду // Экология северных территорий России: проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Т. 1. Архангельск. 2002. С. 577-579.
6. Облицов А.Ю., Рогалев В.А. Перспективные направления утилизации отходов обогащения алмазоносной породы месторождения имени М. В. Ломоносова // Записки Горного Института. 2012. Т.195. С.163-167.
7. Базарова Б.Б., Пронин Н.М. *Elodea canadensis* Michx. на границе мирового водораздела Ледовитого и Тихого океана// Российский Журнал Биологических Инвазий. 2010. № 3. С. 2-12.

#### ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

*Н.Г. Степанько, Г.Г. Ткаченко*

ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г.Владивосток,  
sngreg25@mail.ru

Территории арктической зоны отличаются высокой уязвимостью природной среды к антропогенным воздействиям и низкой скоростью восстановления нарушенного состояния, как отдельных компонентов среды, так и природной среды в целом. Анализ информации о состоянии окружающей природной среды Чукотского АО и республики Саха (Якутия) позволяет сделать вывод о неблагоприятной экологической обстановке в регионах. В настоящее время арктическая зона РФ находится под мощным антропогенным и техногенным воздействием в районах освоения запасов важнейших полезных ископаемых, прежде всего газа и нефти.

Особенно влиянию антропогенных нагрузок подвергаются поверхностные воды в районах добычи минерального и углеводородного сырья, деятельности предприятий черной и цветной металлургии, горнодобывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, теплоэнергетики, жилищно-коммунального хозяйства, транспорта и др. Сложившаяся система природопользования в отдельных районах Российской Арктики привела к появлению сильно измененных в результате хозяйственной деятельности территорий, где нарушение сложившегося динамического равновесия природной среды привело к изменению естественного геохимического фона, обеднению биоразнообразия, деградации почв и растительности, развитию эрозионных процессов, загрязнению окружающей среды.

Основными составляющими экологического состояния рассматриваемых территорий являются загрязнение воздуха, воды, образование и засорение территорий отходами производства и потребления, радиационное загрязнение. По данным Федеральной Службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды радиационный фон на данных территориях в пределах нормы и загрязнение атмосферного воздуха также значительно снизилось [1]. Основными экологическими проблемами дальневосточных арктических территорий являются загрязнение вод и образование и складирование твердых отходов.

Воды рек на протяжении последних пяти лет оценивались как «загрязненные» и «очень загрязненные». Основными загрязняющими веществами являлись органические вещества, соединения железа, меди, цинка, марганца, фенолы, нефтепродукты. И, несмотря на то, что объемы сбрасываемых загрязненных сточных вод практически не увеличиваются (Рис.1, 2), состояние поверхностных вод ухудшается. Это объясняется тем, что большинство действующих сооружений по очистке сточных вод построены более 30-40 лет назад. Техническое состояние многих из них неудовлетворительное, технология очистки устаревшая, часто функционируют сооружения только механической очистки, а потому эксплуатируемые сооружения не обеспечивают нормативную очистку сточных вод. Проведенные ранее исследования показали, что по загрязнению водных ресурсов частичное ограничение функционирования водоемких производств получили 2 из 8 районов в Чукотском АО и 7 из 33 в Якутии (Саха) [2]. Остальные районы ограничений не имеют.

Другой значимой проблемой для территорий дальневосточной Арктики является образование, складирование твердых отходов производства и потребления, а также формирование несанкционированных свалок, что приводит к засорению территорий, подземных и поверхностных вод, нарушению ландшафтов и т.д.

Наибольшее количество отходов образуется на предприятиях добывающей промышленности, основную массу которых составляют вскрышные породы, хвосты обогащения, отвалы золошлаков. Большой объем и темп накопления отходов и слабое развитие индустрии вторичной переработки приводит к тому, что основным методом утилизации является захоронение отходов на свалках. Санитарное состояние мест размещения отходов остается неудовлетворительным: зачастую отсутствует ограждение, обваловка, территории и подъездные пути не благоустроены, переполнены отходами, не проводятся работы по рекультивации, не определен балансодержатель свалки, не ведется реестр отходообразователей, не организован учет поступления коммунальных отходов на уровне муниципальных образований поселений и т.д. [4]. Происходят изменения и в категориях земель. Изменения площадей произошли в четырех категориях: в землях сельскохозяйственного назначения, в землях промышленности, транспорта и иного назначения, в землях лесного фонда; в землях запаса, причем увеличение площадей произошло только в категории земель промышленности, а площади сельскохозяйственных земель, земель лесного фонда уменьшились.



Рис.1 - Динамика некоторых экологических показателей Саха (Якутия)

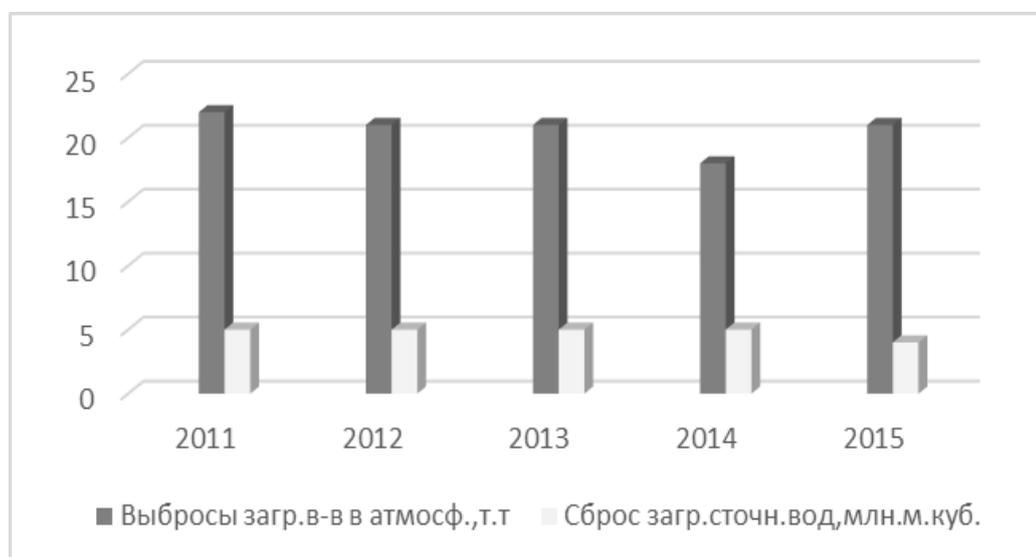


Рис. 2 - Динамика некоторых экологических показателей Чукотского АО

Кроме хозяйственной деятельности эффективность природопользования формирует и природоохранная деятельность. Эффективность природоохранной деятельности в этих регионах очень низкая (табл. 1), и эти тенденции сохраняются и в настоящее время.

С точки зрения финансового обеспечения деятельности, направленной на снижение негативного воздействия производства на окружающую среду ни текущие затраты, ни инвестиции на охрану окружающей среды (ООС) и рациональное природопользование, ни их структура не соответствуют необходимым нормам (табл.1, рис.3). Фактические объемы инвестиций в ООС несоизмеримо малы по сравнению с экономическим оптимумом [4]: Саха (Якутия) – 2007/2010 гг. соответственно – 36,8%/18,9%, 2013/2014гг. – 10,7%/20,4%; Чукотский АО – 2007/2010гг. – 2,4%/1,16%, 2013/2014гг. – 5,2%/10,0%. Об этом же свидетельствует индекс экономической достаточности природоохранной деятельности (ИЭД), который находится из соотношения фактических объемов финансирования ООС и рационального природопользования и экономического оптимума при оптимальном значении ИЭД -1.

Таблица 1 - Эффективность природоохранной деятельности

Субъекты	∑ тек. затрат +, инвест. в основн. капитал на ООС и рац. при-ие, млн.руб., [5] 2013/2014 гг.	Экономич. оптимум [6] млн.руб. (8% от ВРП) 2013/2014 гг.	Индекс эконом. достаточ-ти природоохр анной дея-ти (факт./опти мум) 2013/2014 гг.	∑ тек. затрат +, инвест. в основн.капи тал на ООС и рац. при-ие, млн.руб., [5] 2007/2010 гг.	Экономич. оптимум [6], млн.руб. (8% от ВРП), 2007/2010 гг.	Индекс эконом. достаточ-ти природоохр анной дея-ти (факт./опти мум) 2007/2010 гг.
Республика Саха	4889,7/ 10772,3	45530,5/ 52812,0	0,1/0,2	7260,8/ 5811,7	19717,5/ 30778,1	0,4/0,1
Чукотский АО	196,3/452,3	3759,2/ 4524,5	0,1/0,1	40,8/39,0	1697,8/ 3357,9	0,02/0,01

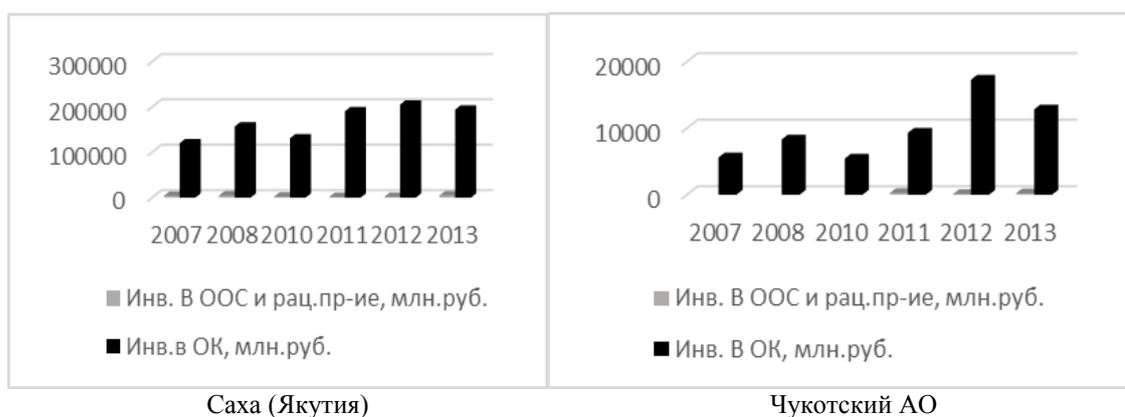


Рис.3 - Динамика инвестиций в республике Саха (Якутия) и Чукотском АО

Территории арктических регионов, обладая разнообразными и значительными по запасам природными ресурсами, безусловно, являются территориями перспективного развития. Для ресурсной структуры минерально-сырьевой базы Дальнего Востока в целом характерно преобладание месторождений твердых полезных ископаемых. В его арктической зоне выявлены 1115 месторождений и участков твердого минерального сырья, часть из которых разрабатывается [6]. На Чукотский автономный округ приходится 77 % от численности месторождений Востока арктической зоны России. Наибольшее их количество приходится на Билибинский, Иультинский и Чаунский районы Чукотки, а также Усть-Янский район Якутии [7].

По видовому разнообразию месторождений лидером является Иультинский район Чукотского АО и Усть-Янский район Якутии, в каждом из которых представлено 8 из 11 основных минерально-ресурсных групп. По таким видам ресурсов как вольфрам, уран и общераспространенные полезные ископаемые на Иультинский район Чукотского АО приходится более половины, а по олову и свинцу треть всех месторождений арктической зоны Дальнего Востока. В Усть-Янском районе Якутии сосредоточено две трети месторождений свинца и четверть месторождений ртути. Также можно выделить такие районы Чукотки: Анадырский (более 70% месторождений углеводородов), Билибинский (80% месторождений меди и 42% благородных металлов), Чаунский (40% месторождений олова). В группе районов с бедным видовым разнообразием месторождений можно отметить Провиденский район, где, тем не менее, находится половина месторождений урана; Анабарский район Якутии, на который приходится три четверти месторождений алмазов (рис. 4) [7].

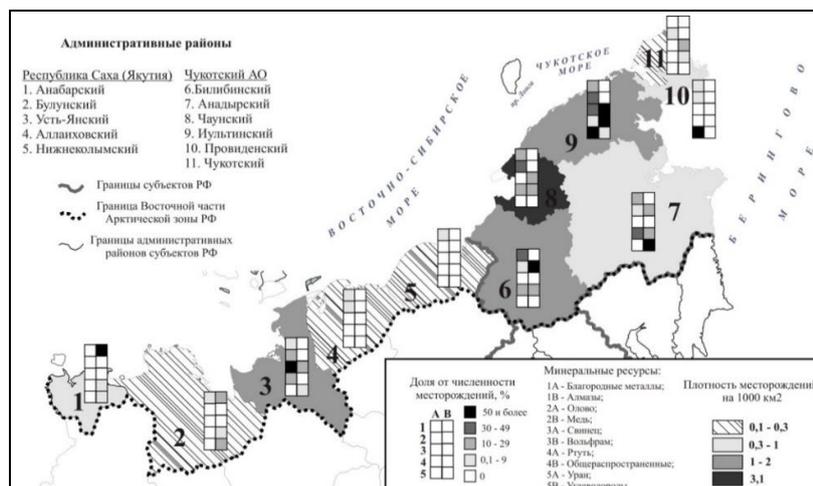


Рис. 4 - Территориальная дифференциация и плотность месторождений арктических территорий Дальнего Востока

Таким образом, в структуре промышленности Арктической зоны Дальнего Востока можно выделить ключевое значение добывающих отраслей. С ними связаны перспективы развития этих регионов, что подтверждается основной направленностью (добыча и переработка) рассматриваемых инвестиционных проектов: Саха (Якутия) – Анабарский улус (нефть, газ), Булунский улус (нефть, газ), Аллаиховский улус (строительный щебень), Усть-Янский улус (олово, золото) [8]; Чукотский АО: Анадырский улус (п.Беринговский) – подземная и карьерная добыча, обогащение и перевалка коксующихся углей; медь, золото, серебро [9]. И только три проекта имеют природоохранную направленность - «Экологически безопасная консервация хвостохранилища Депутатского горно-обогатительного комбината» (Усть-Янский улус Якутии), «Строительство мини-завода по утилизации твердых бытовых отходов в пос.Чокурдах» (Аллаиховский улус Якутии), «Производство чистой воды в пос. Чокурдах» (Аллаиховский улус Якутии).

Нами ранее [10] проанализированы возможные последствия деятельности перспективных видов производств при существующих параметрах (текущем уровне): экологической ситуации, технологиях производства и утилизации отходов, экономической обеспеченности природоохранной деятельности, отсутствии инвестиционных проектов природоохранной направленности, низкой инфраструктурной обустроенности, а также наличию неблагоприятных природных явлений и возможных ЧС. Очевидно, что риски необратимых последствий от нанесения существенного ущерба жизнедеятельности населению будут достаточно высоки, тем более что экологическая составляющая по значимости все еще остается на третьей позиции после экономической и социальной. И пока будет существовать этот дисбаланс в приоритетах экологическая ситуация будет ухудшаться, что скажется на биоразнообразии, чистоте окружающей среды и, главное – на человеке, его здоровье и жизнедеятельности.

Проведенное исследование показало, что рассматриваемые территории, имея большие возможности дальнейшего развития, привлекательности для инвесторов, подвержены значительным рискам в связи с реализацией предполагаемых видов хозяйственной деятельности, вплоть до необратимых последствий и нанесения существенного ущерба жизнедеятельности населения. Территория арктической зоны Дальнего Востока России с сохранившимися природными ресурсами и естественными экосистемами, с ее человеческим, производственно-экономическим и научным потенциалом может стать хорошим «полигоном» реализации «зеленой экономики». Успешное развитие территорий дальневосточной Арктики на принципах «зеленой экономики», их реализация зависят от активной позиции государственных и региональных органов, разработки налоговых льгот и других преференций для

«зеленого» бизнеса, а главное – от строгого контроля за его выполнением и принятия предусмотренных законодательством результативных санкций.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-05-60103 «Пространственная дифференциация уровней и форм адаптации групп населения к изменению природных, социально-экономических и экологических условий в районах Восточной Арктики».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 год [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://www.meteorf.ru>
2. Степанько Н.Г. Производственно-природные отношения в регионах Дальневосточного Севера // Успехи современного естествознания. 2017. № 4. С.120-125.
3. Доклад об экологической ситуации в Республике Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/gosdoklady-o-sostojanii-okruzhajuschej-sredy>
4. Колесников С.И. Экономика природопользования. Учебно-методическое пособие. Ростов-на-Дону. 2000. С. 14-15.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011,2016гг.: Р.32: Стат. сб. / Росстат. М., 2011, 2016.
6. Объекты учета государственного кадастра месторождений. Федеральное агентство по недропользованию Роснедра. РОСГЕОЛФОНД [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.rfgf.ru/gkm/>
7. Ткаченко Г.Г. Территориальная дифференциация месторождений минерально-ресурсного сырья Востока Арктической зоны России // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений. Владивосток: Дальнаука, 2016. - С. 557-564.
8. Инвестиционный портал Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://investyakutia.com/map>
9. Стратегия социально-экономического развития Чукотского автономного округа до 2030 года) [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://чукотка.рф/power/priority\\_areas/priorities\\_for\\_development/development-strategy.php](http://чукотка.рф/power/priority_areas/priorities_for_development/development-strategy.php)
10. Степанько, Н.Г., Степанько А.А., Ткаченко Г.Г. Возможные экологические последствия экономического развития северных территорий Дальнего Востока России // Арктика: экология и экономика. 2018. №1 (29). С. 26-36.

#### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ, УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Е.А. Сурина, А.О. Сеньков*

ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,  
г. Архангельск, [surina\\_ea@sevniilh-arh.ru](mailto:surina_ea@sevniilh-arh.ru)

На государственном уровне механизмом реализации утверждённой Президентом РФ «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» является утверждённая Правительством РФ государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года», одним из

приоритетов которой является «совершенствование системы государственного управления социально-экономическим развитием Арктической зоны Российской Федерации, в том числе за счёт расширения фундаментальных и прикладных научных исследований в Арктике». Согласно указу Президента РФ от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», требуется решение задач по сохранению лесов, в том числе на основе их воспроизводства на всех участках вырубленных и погибших лесных насаждений.

Результаты исследований ФБУ «СевНИИЛХ» показывают, что ослабление и усыхание лесов продвигается на север. Изучение глобального изменения климата в рамках тематики госзадания показало, что происходит формационное изменение растительного покрова. Прогнозируется смещение растительных биомов на всей лесной площади огромной территории региона. Прогнозируемые изменения сказываются на снижении устойчивости и гибели коренных лесов. Поэтому возможен процесс распада или ослабления существующих насаждений. В связи с вышеизложенным, сохранение и восстановление природного типа экосистем Арктической зоны представляет современную, важную теоретическую и практическую задачу.

Объект исследования – леса Арктической зоны РФ.

По результатам исследований обоснованы наиболее приемлемые и эффективные способы и технологии восстановления нарушенных лесных экосистем в Арктической зоне Российской Федерации, обеспечивающих интересы населения и производства регионов, выполняющих важную средообразующую и средозащитную роль. Данные технологии могут быть использованы для эффективного управления в лесных экосистемах Арктической зоны Российской Федерации, краткосрочного и долгосрочного прогноза состояния лесов, в целях повышения устойчивости древостоев к негативным факторам и снижения пожарной опасности, укрепления потенциала природных территорий и их прилегающих территорий.

Федеральный Закон «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования воспроизводства лесов и лесоразведения» вступил в силу с 01.01.2019. В частности, документ предусматривает обязанность компаний восстанавливать лес в границах соответствующего субъекта РФ на площади, равной площади вырубленных лесных насаждений, в т. ч. при создании охранных зон для эксплуатации объектов. Прежде всего, требования коснутся проектов, связанных с выполнением работ по геологическому изучению недр и разработкой месторождений полезных ископаемых, строительства линейных объектов. Кроме того, документ предусматривает, что лесовосстановление проводится и в связи с переводом земель лесного фонда в земли иных категорий. Лесовосстановление осуществляется в рамках соответствующего утвержденного проекта не позднее чем через 1 год после рубки лесных насаждений или перевода земель. Кроме того, предусмотрено уточнение состава земель лесного фонда с выделением земель, предназначенных для лесовосстановления и воспроизводства лесов (вырубки, гари, редины, пустыри, прогалины и др.) и земель, служащих для организации их использования, охраны и защиты (просеки, дороги и др.) и неудобные для использования (болота, каменистые россыпи и др.).

Установлено, что к объектам Севера в большинстве случаев не применимы основные положения восстановления земель, разработанные в целом для Российской Федерации.

Направления приемов возвращения комплексов нарушенных земель могут быть следующие:

– содействие природным возобновительным процессам посредством мелиораций

местообитаний, лесоводственных приемов ухода за лесной растительностью и подготовки почвы под последующее восстановление;

- частичная комплексная лесная рекультивация;
- упрощенная лесная рекультивация на основе не сложных почвенных мелиораций, уходов за естественной растительностью и частичного лесоразведения;
- биологическая многоприёмная рекультивация нарушенных земель с завершающим этапом – лесоразведением по типу лесных культур.

Выбор направления рекультивации производится в соответствии с ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия (с Поправкой)» и зависит от классификации нарушенных земель по техногенному рельефу для рекультивации, группировки нарушенных земель по характеру обводнения (увлажнения), классификации вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель.

Интенсификация лесокультурного производства немыслима без широкого внедрения эффективных агротехнических и лесоводственных приемов, современных средств механизации, которые должны разрабатываться на зонально-типологической основе, с учетом экономических и природных особенностей региона. Согласно полученным результатам сложившаяся ситуация в нарушенных, усыхающих древостоях обуславливает необходимость совершенствования методов, технологий ведения лесного хозяйства с соблюдением требований рационального природопользования, а также реализации современных подходов по предотвращению экономического ущерба взамен ликвидации последствий повреждения и усыхания насаждений с последующим восстановлением древесных ресурсов. Эти мероприятия в комплексе и по своей сути должны быть опережающими. Леса в соответствии с Лесным кодексом РФ (глава 1 ст. 19, глава 4 ст. 61, 62, 63) подлежат воспроизводству и защите от вредных организмов. Решение вопросов лесовосстановления осуществляется органами государственной власти, органами местного самоуправления в пределах их полномочий, определенных в соответствии со статьями 81-84 Лесного кодекса РФ. Лесовосстановление осуществляется в целях восстановления вырубленных, погибших, поврежденных лесов в соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ №188 от 25.03.2019. Лесохозяйственные мероприятия должны обеспечивать восстановление лесных насаждений, сохранение биологического разнообразия и поддержание полезных функций лесов.

Установлено, что нарушение лесных насаждений в Арктической зоне происходит преимущественно из-за лесных пожаров, воздействия неблагоприятных погодных условий и почвенно-климатических факторов. В нарушенных древостоях, в том числе погибших, оставшихся на корню, требуется проведение мероприятий. Это санитарно-оздоровительные мероприятия, среди которых первоочередное значение имеют сплошные санитарные рубки (ССР). После их выполнения, нарушенные лесные территории переходят во вторую категорию – фонд лесовосстановления. Подавляющая площадь фонда лесовосстановления представлена гарями. Пожары происходят в первую очередь по суходолам, в лишайниковых, вересковых, брусничных типах леса, а также в кисличниках и черничниках.

Уходы за насаждениями необходимы для их сохранения, выполнения ими требуемых функций. В последующем проводится мониторинг лесных насаждений.

В связи с суровыми климатическими и почвенными условиями естественное лесовосстановление не везде протекает удачно. Наблюдается эрозия почв, раздувы, на долгое время затягивается процесс восстановления насаждения. Поэтому в арктических условиях потребуются применение различных технологий и способов лесовосстановления.

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ЯКУТИИ И ЧУКОТКИ

*Е. А. Ушаков*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток,  
ushakov.tig.dvo@gmail.com

Прибрежные муниципальные районы восточного сектора Арктической зоны России (5 районов в Якутии и 6 – в Чукотском автономном округе) занимают весьма важное географическое положение с позиций обеспечения устойчивой работы Северного морского пути и национальной безопасности на северо-восточных ее рубежах. Наряду с этими важными, во многом геополитическими, функциями, прибрежные районы Северо-Востока могут успешно выполнять и экономические – благодаря своим значительным природно-ресурсным потенциалам. Можно даже отметить, что в перспективе именно Северный морской путь и значительный природно-ресурсный потенциал станут основными факторами развития этого стратегически важного региона страны.

В силу сходства географического положения для рассматриваемых прибрежных районов характерно и множество сходных социально-экономических проблем. В то же время, наряду с этими сходными для прибрежных районов признаками, обусловленными, по сути, глобальным фактором – уникальным географическим положением в высоких широтах на стыке двух океанов и крупнейшего Евразийского континента, – между ними имеется и ряд различий. Они преимущественно вызваны внутрорегиональными особенностями – местными природно-климатическими условиями, ресурсообеспеченностью, удаленностью от крупных центров ресурсодобычи (традиционно обеспечивающих в северных регионах основной экономический эффект) и административно-социальных центров, и др. Такие различия имеются не только на районном, но и поселковом уровне.

*Анализ социально-экономического положения прибрежных арктических районов Республики Саха (Аллаиховского, Анабарского, Булунского, Нижнеколымского и Усть-Янского) позволяет отметить следующее:*

- По численности населения в рассматриваемых районах Якутии в последние годы прослеживается некоторая тенденция к стабилизации, что проявляется в замедлении сокращения численности населения. В 2016 году был даже зафиксирован незначительный прирост – за счет более высокой рождаемости местного населения. Основной негативной составляющей этого показателя в Арктической зоне Якутии остается отток населения, за исключением Анабарского района.

- Социальная сфера. По показателю среднемесячной заработной платы районы Арктической зоны Якутии сопоставимы со среднереспубликанскими значениями, но с учетом более высокой стоимости жизни здесь, они значительно уступают. Другим негативным фактором является сокращение числа официально зарегистрированных работающих, который ежегодно сокращается на 3-5%. Исключением является Анабарский район – благодаря более высокой оплате труда здесь, чем в Якутии в целом. Положительным фактором можно назвать наметившийся в арктических районах в последние годы рост среднемесячной заработной платы, он здесь более динамичен сравнительно со среднереспубликанским показателем.

- Стабильный рост отмечается в финансовом обороте организаций. Основным элементом оборота является добыча и обработка алмазов, расположенный в Анабарском районе, и на долю которого в разные годы приходится 61-79% всего оборота организаций рассматриваемых районов. Хотя в последние годы доля района в этом объеме сокращается – по причине снижения цен на алмазы на мировом рынке. В основном по этой причине реальный объем оборота организаций в Анабарском районе

в период 2011-2016 гг. снизился на 19,3%. Также необходимо отметить, что за этот период резко вырос оборот организаций Булунского района – в 2,7 раза.

- Сельское хозяйство арктических районов, в силу природных условий, имеет невысокие показатели (их доля в продукции сельского хозяйства Якутии составляет лишь 0,2%). Исключение составляет северное оленеводство – на эти районы приходится почти 45% поголовья оленей республики. И эта доля в последние годы имеет тенденцию к росту – за 2014-2016 на 11%. Оленеводство развито практически во всех районах, за исключением Аллаиховского. Лидерами по поголовью оленей являются Нижнеколымский и Усть-Янский районы. На эти же районы приходится производство свыше 80% мяса арктической зоны Якутии.

- По виду деятельности «строительство» арктические районы Якутии имеют неустойчивые показатели. Ежегодно происходят резкие «скачки» их значений, а в отдельные годы строительство вообще не ведется. Так в 2011-2016 гг. оборот организаций в сфере строительства составил почти 2 млрд. руб. (из них 44% – Булунский район), а ввод жилья – 17,6 тыс. м<sup>2</sup> (лидер – Анабарский район – 8,3 тыс. м<sup>2</sup>). В целом по этой группе районов Якутии среднестатистические показатели вида деятельности «строительство» составляют лишь 30-35% от среднереспубликанского значения.

- Необходимо отметить неустойчивость инвестирования в основной капитал. Лидерами по этому показателю являются Анабарский и Булунский районы. На их долю приходится около 90% всех инвестиций Арктической зоны Якутии. Другие районы имеют незначительные объемы инвестиций в основной капитал, а в отдельные годы они их вообще не имеют. Показатели инвестиционной активности этих районов в целом значительно ниже среднереспубликанских значений. Доходы и расходы местных бюджетов практически в два раза выше среднереспубликанского значения, но при этом они более зависимы от дотаций, субсидий и субвенций.

*Анализ социально-экономического положения районов Чукотского автономного округа.* Экономика Чукотского округа в целом сравнительно устойчива – благодаря добыче полезных ископаемых, в то же время имеет множество сходных с якутскими арктическими районами социально-экономических проблем: высокая стоимость жизни, значительный отток населения, большое число депрессивных поселений, высокий износ инфраструктуры и т. д.

Численность населения округа в 2011-2016 гг. снизилась на 1,8%. При этом динамика численности населения имеет неравномерный характер по годам. Главная «демографическая особенность» автономного округа – это заметное стягивание населения в административный центр Анадырь.

- Рост среднемесячной заработной платы за этот период составил 14,1%, а численность официально зарегистрированных работающих в общем имеет тенденцию к сокращению. Объем отгруженных товаров в 2016 году составил 98,3 млрд. руб., доля добывающих производств в структуре которого составила 86%. Реальный рост этого же показателя за 2011-2016 гг. составил 60,4%.

- Объем инвестиций за этот период составил 65,4 млрд. руб., выполнено работ по виду деятельности «строительство» 13,9 млрд. руб., а объем возведенного жилья на 1000 чел. составил 1101 м<sup>2</sup>. При этом данные показатели не стабильны (резкие «скачки» в противоположных направлениях, что бывает характерно для регионов с небольшой численностью населения).

- Объем сельскохозяйственной продукции Чукотки в 14 раз больше в сравнении с прибрежными арктическими районами Якутии.

В целом Чукотский автономный округ по социально-экономическим показателям имеет результаты, превосходящие прибрежные арктические районы Якутии и характеризуется более динамичным развитием по отношению к ним.

Таблица 1 - Социально-экономические показатели прибрежных арктических районов Республики Саха (Якутия) и Чукотского автономного округа

Показатели	Республики Саха	Чукотский АО
Численность населения, чел.	26190	49822
Численность рабочей силы, тыс. чел.	9,7	32
Среднемесячная заработная плата, руб.	63570	86647
Безработица, %	2,6	2,1
Число больничных коек на 1000 человек населения	100,9	131,1
Численность врачей на 1000 человек населения	43,1	69,4
Объем работ, выполненных по виду деятельности строительство, млн. руб.	803,7	4279,3
Ввод в действие жилых домов на 1000 чел. насел., м <sup>2</sup>	89	50
Объем сельскохозяйственной продукции, млн. руб.	342	328
Грузооборот автомобильным транспортом, млн. т.	0,2	1,8
Оборот розничной торговли на душу населения, руб.	154597	133311
Объем платных услуг на душу населения, руб.	21371	90203
Оборот общественного питания на душу населения, руб.	1092	9915
Инвестиции в осн. капитал на душу населения, руб.	60714	194956

По социально-экономической дифференциации прибрежных арктических районов стоит отметить, что наиболее развитым муниципальным образованием является столица Чукотского АО – Анадырь. Основное преимущество Анадыря заключается в том, что он является административным центром субъекта, за счет этого имея дополнительное преимущество в развитии. Особенно ярко выражено для Анадыря «стягивание» населения субъекта - которое характерно и для других административных центров субъектов страны. Также он является главным центром инвестиции и поступления местных налогов, которые в т. ч. собираются за счет юридической прописки добывающих компаний.

В группу сравнительно развитых районов можно отнести Анабарский, Билибинский районы и городской округ Певек. В большей степени к этой группе близки Анадырский район и городской округ Эгвекинот. Отстают от этих районов по социально-экономическим показателям городской округ Провидение, Чукотский и Булунский районы. А наименее развитыми (или «аутсайдерами») в настоящее время являются – Аллаиховский, Нижнеколымский и Усть-Янский районы.

По сути наибольшее развитие получают районы где находится административный центр региона (Анадырь); добыча полезных ископаемых; а также, где существует портовое хозяйство (Эгвекинот, Певек). Главной ориентацией развития рассматриваемых районов служит направленность района на внешнеэкономическую деятельность. Необходимо также отметить, что наиболее развитые районы имеют более динамичные показатели в развитии. Исключением можно назвать Булунский район, который за счет значительного числа дополнительных инвестиционных средств и строительства основных фондов для горнодобывающей промышленности (добыча алмазов) показал значительный рост социально-экономических показателей.

Такая же ситуация характерна и для поселений: наиболее крупные поселения имеют наиболее высокие социально-экономические показатели и их динамику. Основная функция таких поселений – это административный центр региона (Анадырь) или поселения, где ведется добыча драгоценных металлов или алмазов, а также служит наличие портовых функции. Эти наиболее развитые поселения можно выделить в отдельные социально-экономические центры с разделением на 3 группы, но с

отдельным вычленением Анадыря как не только наиболее развитого поселения, но и учитывая его статус административного центра региона. В целом из 55 действующих поселений к социально-экономическим центрам можно отнести 14 поселений. К наиболее развитым и значимым социально-экономическим центрам 1 порядка 7 поселений (не считая Анадырь). 5 из которых находится на территории Чукотского АО, остальные 2 (специализирующихся на добыче алмазов) в Якутии. К социально-экономическим центрам 2 порядка и 3 порядка – по 3 поселения на каждую группу. Отличительная особенность между данными группами поселений является, что социально-экономические центры 1 порядка специализируются в основном на добыче полезных ископаемых или выполняют портовые функции. А поселения остальных групп (кроме Беринговского, который приближается к наиболее развитой группе) являются прежде всего районными центрами, имея свое социально-экономическое положение и развитие за счет этой статусности.

А небольшие поселения практически все находится в состоянии депрессии, которая характеризуется низкими социально-экономическими показателями (особенно в резком сокращении численности населения), а также их динамикой. Для этих поселений можно выделить две группы. Первую группу можно охарактеризовать как слаборазвитые с признаками депрессивности. В эту группу можно отнести 31 поселение, основная часть которых расположена на территории Якутии. Для этой группы характерно прежде всего негативная демографическая составляющая, вызванная значительным сокращением численности населения и слабой наполняемостью бюджетов поселений собственными доходами (менее 10% в доходной части). Вторую группу таких поселений можно дать характеристику как слаборазвитые с ярко выраженными признаками депрессивности. По сути эти поселения можно назвать «вымирающими». Для этих поселений характерен очень сильный отток населения (снижение численности населения - более 3% в год) и практически полное отсутствие собственных доходов в бюджете, которые формируются прежде всего за счет отчислений с НДС. К этой группе можно отнести 14 поселений (Чукотский АО - 13, Якутия – 1). Также при рассмотрении 12 бывших поселений городских округов Эгвекино, Провидение, Певек (были образованы за счет реформирования 3 районов и преобразования их в городские округа) 8 из них можно отнести к первой группе, а 4 ко второй. В целом для прибрежных арктических районов Якутии различия между развитыми и «проблемными» поселениями не столь большие, как на территории Чукотского автономного округа, где ярко выражена такая дифференциация.

В то же время необходимо учитывать сдерживающие факторы развития территории Восточной Арктики, вызванные как природными факторами, так и социально-экономическими. Среди них можно назвать:

1. Экстремальные природно-климатические условия проживания населения и географическая удаленность районов от экономических центров страны и дальневосточного региона. Для значительной части территории характерна экономическая замкнутость.

2. Сокращение численности населения за счёт его большого оттока, прежде всего трудоспособного населения.

3. Угроза закрытия ряда населенных пунктов и неравномерное развитие территории.

4. Низкий уровень жизни большинства местного населения, вызванный небольшими доходами и безработицей (в т. ч. скрытой).

5. Высокие тарифы на электроэнергию и топливо, что негативно сказывается на себестоимости производимой продукции и жизни местного населения.

6. Сложная транспортная доступность, вызванная слабым развитием транспортной сети и ее инфраструктуры.

7. Сложная труднодоступная транспортная схема по доставке товаров и вывозу собственной продукции, что создаёт большие издержки на стоимость продукции и сроки её доставки, что вызывает удорожание продаваемых продуктов. Также это создает и зависимость предприятий и местных жителей от северного завоза.

8. Высокий износ инфраструктуры, который в ряде случаев приближается к 100%.

9. Незначительная доля собственных доходов в бюджете (в большинстве случаев меньше 20%), вызванная несовершенством налогового законодательства. Это создает зависимость местных бюджетов от безвозмездных поступлений из вышестоящих бюджетов.

10. Низкая производительность труда и дефицит высококвалифицированных кадров.

11. Несовершенство реформы разделения полномочий между федеральными, региональными и муниципальными органами власти.

12. Слабая инновационная деятельность.

13. Проблема привлечения инвестиции в местную экономику из-за высоких рисков для инвесторов.

14. Зависимость добывающей отрасли от мировых цен на сырье.

К наиболее благоприятным факторам развития рассматриваемых территорий можно отнести:

1. Наличие богатой минерально-сырьевой базы

2. Наличие Северного морского пути (транспортно-транзитный потенциал).

3. Развитие сельского хозяйства за счет поддержки оленеводства

4. Усовершенствование технологии добычи полезных ископаемых за счет их удешевления.

5. Выделение денежных средств на покрытие транспортных расходов, которые вызывают удорожание собственных производимых продуктов для вывоза за пределы данных районов.

6. Выделение финансовых средств для развития крупных инвестиционных проектов.

7. Постройка новых и реконструкция прежних транспортных сетей.

Необходимо обозначить, что для закрепления местных жителей и развития экономики необходимо: повышение качества жизни, сокращение безработицы, увеличение денежных доходов населения, как минимум до среднерегионального уровня с учетом стоимости жизни в северных территориях, развитие северного морского торгового пути, модернизация и совершенствование инженерной, коммунальной, транспортной инфраструктуры, а также оснащение материально-технической базы местных предприятий, главным образом рыболовецкого флота и предприятий по переработке, развитие традиционных видов хозяйств (главным образом оленеводства), возможность создания научного учреждения для изучения природно-климатических условий востока Арктики, развитие экстремального туризма, который может стать одним из главных доходов рядов небольших населенных пунктов района.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ №18-05-60103 «Пространственная дифференциация уровней и форм адаптации групп населения к изменению природных, социально-экономических и экологических условий в районах Восточной Арктики».*

## **КАРТЫ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ КАРТ**

*А.А. Шавыкин, А.Н. Карнатова*

ФГБУН Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Мурманск, *shavykin@mmbi.info*

Карты уязвимости прибрежно-морских зон от различных антропогенных воздействий показывают наиболее и наименее уязвимые участки картографируемого района и играют важную роль в различных сферах обеспечения экологической безопасности морской среды. В первую очередь – это карты уязвимости от нефти и нефтепродуктов, как наиболее опасных ингредиентов, связанных с различными проектами освоения шельфа. Подобные карты, включенные в планы ликвидации разливов нефти (ЛРН) позволяют в ходе таких операций минимизировать ущерб от разлива и от самих операций [1]. Кроме нефти существенное воздействие на экосистему может оказывать минеральная взвесь (при дноуглублении, демпинге, прокладке подводных трубопроводов ...); важно также учитывать воздействие шума крупнотоннажных судов (танкеров, газовозов, ...) и пневмоисточников при сейсмоакустических исследованиях. Карты уязвимости от этих воздействий могут служить основой природоохранной политики государственных органов и частных добывающих компаний, использоваться для комплексного управления морским природопользованием, быть ориентиром при планировании государственного и производственного экологического мониторинга.

Такие карты необходимы для оценки воздействия на окружающую среду и должны составляться в ходе инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) на шельфе. В Своде Правил по проведению ИЭИ, принятом в 2012 году [2], в отношении карт уязвимости напрямую говорилось, что в состав картографического материала включают тематические картосхемы, содержащие информацию о распределении и уязвимости к основным видам антропогенных воздействий практически всех групп морской биоты (от бактериопланктона до морских млекопитающих и птиц). «В итоге составляют комплексную карту уязвимости природных комплексов (экосистем) к основным ожидаемым видам антропогенного воздействия, содержащую сведения о границах и характере выявленных природоохранных ограничений природопользования...» [2, п. 8.4.12]. Соответственно, требуется методика построения таких карт уязвимости. Эта методика вполне может быть единой как для планов ЛРН (уязвимость от нефти), так и для целей ИЭИ (гидроакустическое воздействие, воздействие взвеси). Но для каждого вида воздействия необходимы свои коэффициенты уязвимости для наиболее важных компонентов экосистемы картографируемого района. Однако в новой редакции Свода Правил, утвержденном в 2016 году, данное положение о необходимости подготовки в ходе ИЭИ карт уязвимости было исключено. Также стоит отметить, что ни в одном федеральном законе, Постановлении Правительства РФ или в нормативном документе Минприроды, МЧС, в той или иной мере относящихся к подготовке планов ЛРН, ничего не говорится о картах уязвимости, их разработке и использовании в таких планах.

Существует ряд методических проблем разработки указанных карт. Карты уязвимости от нефти готовятся по разным методикам и широко применяются в зарубежных странах для ЛРН и оценки рисков разливов. Анализ методик представлен в [3, 4]. Однако, для построения карт уязвимости как в России, так и за рубежом часто используются (в ходе выполнения арифметических операций) порядковые (ранговые) величины, что недопустимо. Краткий обзор этого вопроса и ссылки на соответствующие публикации см. в [5]. Приведем пример из этого обзора. В табл. 1

представлены метрические (индекс  $m$ ) значения величин  $X$  и  $Y$  и их ранги (индекс  $r$ ); в табл. 2 – произведение метрических и ранговых значений; при перемножении ранговых значений номер ранга принимается за значение величины.

Таблица 1 – Исходные значения величин  $X$  и  $Y$  на метрической ( $m$ ) и ранговой ( $r$ ) шкалах

$X$	$X_m$	$X_r$	$Y$	$Y_m$	$Y_r$
$A$	50	1	$P$	60	5
$B$	60	2	$Q$	40	4
$C$	70	3	$R$	30	3
$D$	110	4	$S$	10	2
$E$	120	5	$T$	4	1

Таблица 2 – Результаты расчета произведений метрических ( $X_m \cdot Y_m$ ) и ранговых ( $X_r \cdot Y_r$ ) величин

$X \cdot Y$	$X_m \cdot Y_m$	$X_r \cdot Y_r$
$A \cdot P$	$50 \cdot 60 = 3000$	$1 \cdot 5 = 5$
$C \cdot Q$	$70 \cdot 40 = 2800$	$3 \cdot 4 = 12$
$A \cdot Q$	$50 \cdot 40 = 2000$	$1 \cdot 4 = 4$
$E \cdot S$	$120 \cdot 10 = 1200$	$5 \cdot 2 = 10$
$B \cdot S$	$60 \cdot 10 = 600$	$2 \cdot 2 = 4$
$E \cdot T$	$120 \cdot 4 = 480$	$5 \cdot 1 = 5$

Результаты перемножения истинных метрических значений (реально неизвестных специалистам) образуют ряд, убывающий от 3000 до 480 (табл. 2). Примерно такой же ряд (убывающий слева направо на числовой оси) мы должны получить, оперируя с рангами. Но это совсем не так. И ответ на вопрос, корректны ли будут построенные на рангах карты уязвимости, если при их расчетах проводятся арифметические операции с рангами, очевиден. Таким образом, недопустимо использование величин (оценок) в арифметических операциях, в том числе при расчете карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти, когда все или даже часть таких величин (плотности распределения биоты, коэффициенты ее уязвимости и др.) – ранговые величины или баллы на порядковой, ординарной шкале. Такой подход приводит к некорректным результатам, в том числе к некорректным картам уязвимости. Использование в арифметических расчетах ранговых величин возможно только после их предварительной арифметизации. Использование баллов допустимо, если соотношения между ними отражают реальные отношения между величинами на метрической шкале отношений.

При отказе от использования ранговых величин при построении карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти возникает ряд проблем.

Количественные значения величин обилия биоты могут быть разными: численность (экз./км<sup>2</sup>), биомасса (г/м<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>, г/м<sup>3</sup>), улов на час траления (т/час). Проблема использования разных единиц измерения плотности биоты обусловлена тем, что в конечном итоге для оценки интегральной уязвимости участка необходимо суммировать эти плотности распределения отдельных групп (подгрупп, видов) биоты умноженные на соответствующие коэффициенты уязвимости. Поэтому количественные величины обилия биоты на единицу площади должны иметь одинаковые единицы измерения. Часто плотности представляются в виде рангов, и тогда проблема снимается, но при этом, как отмечалось, рассчитанные по ним карты уязвимости будут некорректными. Возможное решение может быть следующим. Исходные карты распределения обилия каждого компонента биоты  $B^{sgj}$  ( $s$  – индекс сезона;  $g$  – индекс группы;  $j$  – индекс подгруппы/вида) представляются в принятых для них единицах измерения. Эти величины нормируют на среднегодовое значение количества биоты соответствующей группы  $P^{yg}$  (индекс  $y$  указывает, что учитываемый период – год) в картографируемом районе и получают значения:

$$B^{(y)sgj} = B^{sgj} / P^{yg},$$

где:

$B^{sgj}$  – значение исходной численности или биомассы каждого  $g_j$ -го компонента биоты на отдельных полигонах в исходных единицах измерения (г/м<sup>2</sup>, экз./км<sup>2</sup>, экз./м<sup>3</sup>, т/ч траления и т. д.) для  $s$ -го сезона;

$P^{yg}$  – суммарное среднегодовое обилие (среднегодовая общая численность или биомасса) соответствующей  $g$ -й экологической группы в картографируемом районе;

$B^{(y)sgj}$  – доля обилия  $g_j$ -го компонента биоты (для сезона  $s$ ) от среднегодового обилия группы биоты в картографируемом районе, приходящаяся на единицу площади в пределах полигонов этого района.

Отношение  $B^{sgj}$  (например, в г/м<sup>2</sup> или экз./км<sup>2</sup>) к суммарному среднегодовому обилию группы в картографируемом районе ( $P^{yg}$ , в г или экз.) дает для полигона долю от среднегодового обилия этой группы на единицу площади в конкретный сезон  $s$  (1/м<sup>2</sup> или 1/км<sup>2</sup>, а это уже сравнимые единицы).

Разная чувствительность околотовных и водных объектов – еще одна проблема, возникающая при отказе от ранговых величин. Коэффициенты уязвимости биоты предлагается рассчитывать по формуле  $V_b^g = (E^g \times R^g) / S^g$  [6], где:

$E^g$  – потенциальное воздействие разлившейся нефти на учитываемые экологические компоненты биоты – вероятность контакта организмов с нефтью (в процентах);

$R^g$  – восстанавливаемость биоты – способность групп организмов восстанавливаться после оказанного на них воздействия (в годах);

$S^g$  – чувствительность учитываемых экологических компонентов биоты (для разных объектов – разные единицы).

Возможен подход к оценке чувствительности  $S^g$ , основанный как на летальных концентрациях  $LC_{50}$ , так и на летальных нагрузках  $LL_{50}$  [7]. Оценивая чувствительность, следует иметь в виду следующее. Если на обитателей водной толщи (ихтиопланктон, рыб, макрофитов, личинок бентоса, частично морских млекопитающих и др.) действует нефть в воде, что характеризуется величинами  $LC_{50}$  ( $LL_{50}$ ), то для птиц действующим летальным фактором является пленка нефти на водной поверхности или литорали. Указанные величины ( $LC_{50}$  и  $LL_{50}$ ) не подходят для оценки их чувствительности к нефти. Поэтому для птиц предлагается использовать другой параметр – толщину пленки нефти, вызывающую 50%-ую гибель птиц ( $LT_{50}$ ). Основываясь на работе [8], исходим из того, что пленка толщиной 25 мкм оказывает 50%-ое летальное воздействие на птиц. В данном случае показатель  $LT_{50}$  для птиц аналогичен  $LC_{50}$  для организмов в водной толще.

Однако использовать для совместных расчетов значения  $LC_{50}$  (кг/мл) для водных организмов и  $LT_{50}$  (мкм) для птиц нельзя, так как они выражены в разных единицах. Поэтому предлагается в качестве величины  $S^g$  для организмов водной толщи использовать отношение  $LC_{50}/ПДК$  (ПДК – предельно допустимая концентрация; принимаем ПДК=0.05 мг/л [9]). Для организмов, взаимодействующих с поверхностью воды –  $LT_{50}/ПДТ$  (ПДТ – предельно допустимая толщина пленки нефти, не влияющая на жизнедеятельность птиц; принимаем ПДТ=0.04 мкм [10]). Тогда  $S^g$  представляется в одинаковых единицах измерения – в значениях норматива летальной характеристики загрязняющего вещества ( $LC_{50}$  или  $LT_{50}$ ).

Приведем общие положения методики, которые, на наш взгляд, должны лежать в основе разработки карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти. С учетом предлагаемого подхода могут быть решены некоторые проблемы построения карт

уязвимости. Эти же положения могут быть применены для разработки карт уязвимости от других антропогенных воздействий.

1. Методика должна быть достаточно простой, без сложных формул и допускать при необходимости учет трофических и топических связей между компонентами экосистемы района путем введения соответствующих коэффициентов.

2. Порядковые (ранговые) величины на всех этапах расчета интегральной уязвимости акватории не используются, так как это приводит к некорректностям.

3. Все карты разрабатываются для 1-3х масштабов: стратегические мелкомасштабные – для всего моря или какого-либо крупного морского региона; тактические среднего масштаба – для всего побережья выбранного района; объектные крупномасштабные – для наиболее важных участков побережья [1].

4. Учитываются три группы компонентов экосистемы: а) важные компоненты биоты (ВКБ) – группы/подгруппы/виды биоты, обитающие в картографируемом районе; б) особо значимые объекты (ОЗО) – экологические, социально-культурные и объекты хозяйственной деятельности; в) природоохранные территории (ПОТ) – участки акватории, отнесенные к особо охраняемым природным территориям.

5. Принимается простая модель поведения нефти при ее разливе, зависящая от плотности и вязкости нефти, гидрометеоусловий района, структуры литоральной и сублиторальной зон.

6. Коэффициенты уязвимости биоты рассчитываются на основе потенциального воздействия антропогенного фактора на биоту, ее чувствительности к воздействию и восстанавливаемости после воздействия [6].

7. Уязвимость ВКБ зависит от: а) плотности обилия компонентов биоты (экз./км<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>, ...); б) их коэффициентов уязвимости. Приоритетность защиты ОЗО и ПОТ определяется важностью для экосистемы и человека соответствующего участка.

8. Интегральная уязвимость участка акватории (поверхности воды, водной толщи, дна) определяется суммой уязвимости ВКБ и приоритетности защиты ОЗО и ПОТ.

9. Все карты строятся с использованием ГИС-программ.

Приведенные выше проблемы и их решения в большей степени относятся непосредственно к разработке методики, однако в России существует и проблема принятия (согласования, утверждения) единой методики построения карт уязвимости и ее применения. Подготовка карт уязвимости в России по такой методике – важный и актуальный вопрос, который может быть решен на уровне Минприроды РФ с привлечением специалистов МЧС, Минтранса, Госстроя и других ведомств. На наш взгляд, разработать и утвердить единую российскую методику создания карт уязвимости от нефти возможно в несколько этапов [11], перечисленных далее.

1. Обсуждение и детальный анализ российских и зарубежных методик на специализированных семинарах под эгидой одного из федеральных министерств (Минтранса, Минприроды) с привлечением специалистов научно-исследовательских институтов, ликвидаторов разливов, специалистов экологических подразделений нефтедобывающих компаний, инжиниринговых компаний, представителей законодательных и природоохранных органов приморских регионов, неправительственных экологических организаций («зеленых»).

2. Выработка рабочей группы, сформированной по итогам семинаров, общепринятого варианта методики подготовки карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти.

3. Утверждение на уровне Минприроды РФ (при согласовании Минтрансом, МЧС, Госстроем) единой российской методики составления карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти.

4. Внесение в нормативно-правовые документы, регламентирующие требования к содержанию планов ЛРН любого уровня, положения об обязательном включении разномасштабных сезонных карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти.

*Исследование проведено в ходе выполнения Госзадания Минобрнауки РФ № 0228-2019-0029.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (ИПЕКА); International Maritime Organization (ИМО); International Association of Oil & Gas Producers (ОГП). Sensitivity Mapping for Oil Spill Response. London: ИПЕКА, 2012. 34 p
2. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М.: Минрегионразвития РФ, 2012. 117 с.
3. Шавыкин А.А., Калинин О.П., Карнатов А.Н. Обзор методов построения карт чувствительности / уязвимости прибрежно-морских зон от нефти // Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение. СПб.: Реноме, 2018. С. 213–291. Doi: <http://doi.org/10.25990/renomespb.w0pj-zq52>
4. Shavykin, A.A., Karnatov A.N. Main development problems of vulnerability mapping of sea-coastal zones to oil spills // J. of Mar. Sci. Eng. 2018, № 6(4). 115. Doi: <http://doi.org/10.3390/jmse6040115>
5. Шавыкин А.А. Основные проблемы использования ранговых величин // Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение. СПб.: Реноме, 2018. С. 463–472. Doi: <http://doi.org/10.25990/renomespb.w0pj-zq52>
6. Offringa, H.R.; Låhr J. SafetyAtSea. An integrated approach to map ecologically vulnerabilities in marine waters in the Netherlands (V-Maps) / Report № A09. Revision № 4 2005-07-01. Centre for ecosystem Studies. The Netherlands. 2007. 93 p.
7. French-McCay, D.P. Development and application of an oil toxicity and exposure model, OILTOXEX // Environ. Toxicol. Chem. 2002. № 21. P. 2080–2094.
8. Koops W., Jak R. G., van der Veen D. P. C. Use of dispersants in oil spill response to minimize environmental damage to birds and organisms // Interspill (Conference proceedings). 2004. Presentation № 429. 21 p.
9. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: Приказ Минсельхоза РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 Режим доступа: <http://www.chemanalytica.ru> (дата обращения: 19.07.2016).
10. Horn M., French-McCay D.P. Trajectory modelling in support of the Shelburne basin exploration drilling program. Model description, approach, and summary of results / Shelburne basin venture exploration drilling project. Appendix G. Spill fate and behaviour modelling. RPS ASA: 2013-212, 2014. 130 p.
11. Шавыкин А.А. Заключение // Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение. СПб.: Реноме, 2018. С. 446–448. Doi: <http://doi.org/10.25990/renomespb.w0pj-zq52>

#### **ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ОТ РЫБОДОБЫЧИ ТИХООКЕАНСКОГО ЛОСОСЯ В НЕРЕСТОВЫХ РЕКАХ СВ АЗИИ К УПРАВЛЕНИЮ РЫБОХОЗЯЙСТВОВАНИЕМ (КАМЧАТКА)**

Одним из общеизвестных природных реликтов на Земле становится в настоящее время тихоокеанский лосось. Его среда обитания – Северо-Запад Тихого океана и прилегающей суши. В реках территории от Японии по Чукотку и Аляску находятся нерестовые районы и нагульно-выростные площади угодий роста всего ряда лососёвых – молоди и взрослых. Лосось назван нами реликтом по простому признаку: бывшие территории его нереста в Японии, Западном побережье США, Аляски стали по образному определению Джима Лихатовича территориями с «лососем без рек» [1]. Эта ситуация возникла вследствие всеобщей эйфории в мире и на названных территориях в широком увлечением внедрения искусственного воспроизводства лосося на рыболовных заводах (ЛРЗ).

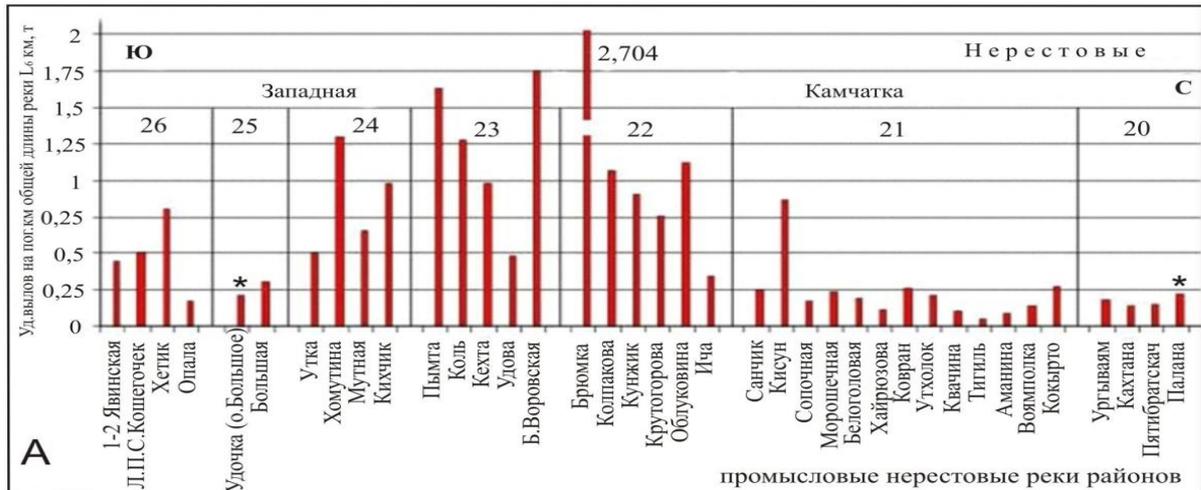
В 2006 г. в Северной Пацифике действовало более 700 ЛРЗ: 378 – в Японии, 178 – в США и 11 – в России. На волне эйфории и очевидно несостоявшихся ожидаемых успехов в работе ЛРЗ в России и США состоялся в г. Петропавловске-Камчатском международный научный семинар [2] с обсуждением многих причин и условий низкой эффективности ЛРЗ в России. Авторы статей, например Г.В. Запорожец и О.М. Запорожец лишь один раз обращаются к питанию молоди: «Важнейшую роль в рыболовстве играют искусственные корма» [2]. Их оценка не даёт главного объяснения: чем эти корма отличаются от природных в конкретных условиях нереста и нагула молоди в реках. После многочисленных извинений за низкий эффект искусственного воспроизводства на ЛРЗ авторы меланхолично пишут, что Камчатка – единственный регион СВ Азии Пацифики, где важно сохранить имеющееся природное, не подменяя его искусственным разведением, поскольку последнее не способно достаточно эффективно пополнять лососёвые ресурсы, не снижая при этом их лососёвое разнообразие» (там же). Мы же оцениваем проблему искусственных кормов как главную неадекватность физиологии молоди дикого лосося. В преамбуле семинара звучит утверждение о важности стабильности состояния лососёвых заводов на Дальнем Востоке и задаётся тон работы семинара. Основной нитью обсуждения на конференции был вывод о том, что рыболовные заводы оказались катастрофой для многочисленных стад диких лососей и среды их обитания – ЛРЗ в целом не справились с задачей спасения окружающей среды и лососей [2].

Методика исследования роли кормовой база молоди лосося в пресноводный период жизни. В настоящем исследовании автор оценивает процесс замысла и действия ЛРЗ, исходя от концепции основополагающего фактора жизнедеятельности молоди лосося в пресноводный период её жизни – из пищевого питания! Мотивом к этой концепции жизнедеятельности лосося в промысловых нерестовых реках является факт: реки и с высокой, и с низкой эффективностью промыслового вылова есть на всей территории Камчатского края (472,3 тыс.кв.км). Так от чего же зависит их продуктивность? Автор получил в бывшем «Камчатрыбпроме» СССР карту с реками сырьевой базы лососей края – 143 промысловые реки. В базе дан фактический вылов пяти промысловых видов лососей: кеты, горбуши, нерки, чавычи) за 1988-1991 гг. и прогноз вылова на 1991-1995 гг. Поиск связи вылова с рядом природных и антропогенных факторов привёл автора к геологической карте положения облавливаемых промысловых рек. Автор пересчитал удельный вылов на 1 пог. км длины каждой из промысловых рек и установил, что реки делятся на две группы: размывающие угольный (преимущественно бурый) и безугольный субстрат. Удельный вес вылова – т/пог.км реки – первых (72 реки) превысил таковой вторых (63 реки) до 5 раз! (Табл. 1, Рис. 1)

Таблица 1 - Средний вылов (т/пог. км) промысловых видов лосося (горбуша, кета, кижуч, нерка, чавыча) по промысловым нерестовым рекам Корякии и Камчатки [4]

Геологический разрез промысловых рек	Число рек в разрезе	Средний удельный фактический (за 1988-1990 гг.) вылов, отнесённый к длинам рек (т/пог.км.)				Примечание
		L <sub>1</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	
1	2	3	4	5	6	7
Угольный (УР)	72	4,86	1,61	0,95	0,70	Параметры длин L <sub>1</sub> , L <sub>4</sub> , L <sub>5</sub> , L <sub>6</sub>
Безугольный (БУ)	63	0,94	0,50	0,22	0,20	
Отношение (УР:БУ)		5,17	3,22	4,32	3,50	

Примечание: исключены реки с озёрными, лиманными, лагунными типами нерестилищ. L<sub>1</sub> – длина основного русла, L<sub>4</sub> – то же с притоками более 10 км, L<sub>5</sub>, – то же с притоками длиной менее 10 км, L<sub>6</sub> – общая длина, км



продолжение рис. 1

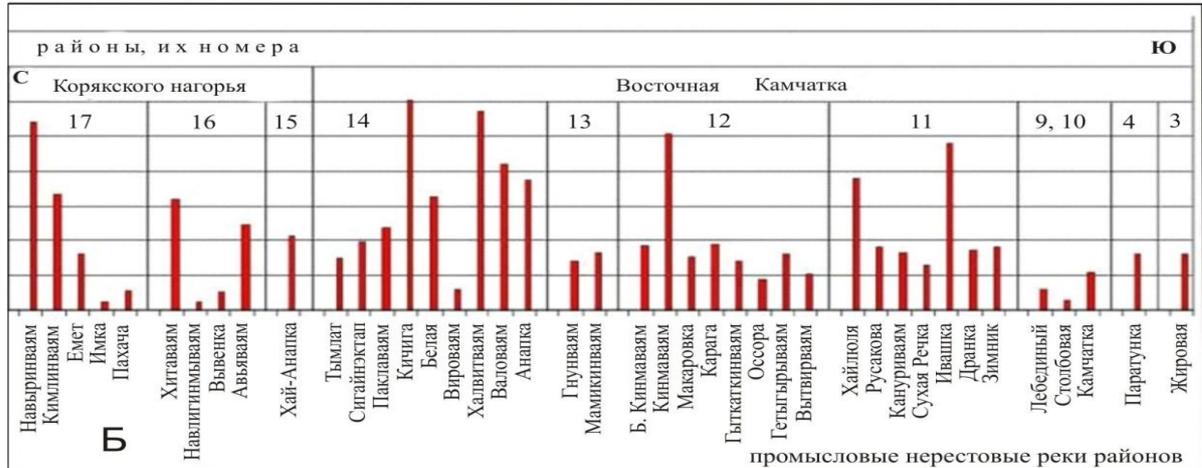


Рис. 1. - Удельный вылов (т/пог. км) общей длины промысловой реки L<sub>6</sub>. (см. табл.1). Камчатский край. Реки с угленосным геологическим субстратом (А, Б), (Проблематично отнесение районов 4 и 5 (антропогенных) и района 3 (вылов в бухте); 19 район – не облавливается)

Эти данные легли в описание Патента РФ № 2111656 от 27.05.1998 [3]. С данными о распределении биомассы лосося по нерестовым районам [4] этот параметр в таблице 2 получил дополнительную аргументацию: отношение абсолютной биомассы (тонн) по угольным и безугольным районами составило 28,8;1, а средней удельной биомассы (т/кв.км) – 17,3 (!).

Получена оценка количественной связи пяти промысловых видов биомассы лосося с насыщением вод нерестовых промысловых рек углистым веществом. Эта

оценка связи биопродуктивности лосося со средой обитания позволила сформулировать понятие биогеоценоза лосося как интеграции биологической ихтиологической системы с угленосной геологической системой нерестовых промысловых рек Камчатского края (Рис. 2).



Реки с безугольным геологическим субстратом В ( $L_6$  – длина основного русла с притоками меньше и больше 10 км. Положение рек – вне масштаба с С на Ю. \* – реки с озёрными нерестилищами)

Рис. 2 - Промысловый удельный вылов (т/пог. км) общей длины промысловой реки  $L_6$ . (см. табл. 1) Камчатский край

Угли являются законсервированной в разной степени растительностью. Бурые угли образуют в крае выходы угленосных систем преимущественно миоценового времени на территории около 100 тыс.кв.км. На Западно-Камчатской низменности от мыса Лопатка по Рекиннинскую губу Пенжинской губы, площадью около 70 тыс.кв.км, густая сеть рек размывает эти слабо дислоцированные бурые угли вулканогенно-осадочных отложений. Их дренируют самые полноводные и самые высокопродуктивные промысловые нерестовые реки Большая, Хомутина, Кихчик, Пымта, Б.Воровская, Брюмка, Колпакова, Облуковина, Кисун, и другие. Эти реки вместе с менее продуктивными образуют ряд нерестовых районов с удельной биомассой площади районов нерестилищ 104,2 (!) тонн/кв.км, против 9,85 тонн/кв.км нерестилищ с безугольными промысловыми реками края, таблица 2 [4].

О роли морских биогенов в кормовой базе лососей нерестовых рек. Особым аспектом кормовой базы молоди лосося в родной реке является оценка процесса деструкции трупов (сненки) отнерестившихся лососей [5]. Оценка даётся через биогены, привнесенные из моря их родителями в процессе нереста. Определялось содержание N и P животного происхождения в грунтовых водах аллювия рек в процессе разложения трупов рыб. Названные химические элементы являются макробиогенами животных организмов. На этих данных о содержаниях N и P сделан вывод о том, что органическое вещество сненки лососей, используемое всеми компонентами пресноводной экосистемы, включает и молодь лососей. Сненка тихоокеанских лососей является мощным фактором фертилизации и формирования высокой продуктивности экосистем. В заключении авторы меланхолически пишут «... возможно создание балансовой модели дифференцированной оценки продуктивности экосистем лососёвых рек и создание эффективного решения использования локальных стад лососей» [5, стр. 135].

Положение нерестовых рек тихоокеанского лосося в геологическом разрезе Камчатки и Корякии. Начало авторского исследования в настоящей статье определено обращением к геологической карте. На неё вынесены промысловые нерестовые реки Камчатского края с карты «Сырьевая база Камчатской области на 1990 г.,» бывшего Камчатрыбпром Минрыба СССР [5]. По каждой из 143 рек базы нами определён удельный промысловый вылов делением общего фактического вылова на длину реки (рисунки 1 и 2, таблица 1).

Таблица 2 - Статистические параметры биомассы промыслового тихоокеанского лосося групп нерестовых районов с угольным (15) и безугольным (9) субстратом Камчатского края [4]

№ п/п	Характеристики	Угленосные районы (УГ)	Безугольные районы (БУ)	Отношения УГ к БУ
1	Абсолютная биомасса, т	577592,4	20056,1	28,8 : 1
2	Удельная биомасса, т/кв. км площади районов	104,2	9,85	10,6 : 1
3	Средняя абсолютная биомасса по группам районов, т	38506,2	2228,45	17,3 : 1
4	Средняя удельная биомасса по группам районов, т/кв. км	6,9	1,09	6,3 : 1

К таблице 1 можно добавить, что при средних значениях для 72 и 63 рек для некоторых из 72 рек отношения достигают и больших величин (6,13-6,65), а для 63 – лишь ноль! Графики с выделением двух групп рек: дренирующих угленосные отложения и безугольные реки показаны на рисунках 1 и 2. Другой параметр сравнения – таблица № 2. Она характеризует площади 26 нерестовых районов по суммарной биомассе пяти промысловых видов лосося. В районы объединены те же 143 промысловых нерестовых реки. Для районов определено отношение угольных и безугольных площадей дренируемых реками. При этом отдельные районы имеют уд.биомассу (т/кв.км площади района нерестовых рек) достигающую 14,8-19,4 т/кв.км. Фантастические цифры! (Районирование и биомасса районов определены в КамчатНИРО, 1993 г.) [4].

Установление природных геологических условий количественных связей удельного вылова и удельной биомассы нерестовых промысловых рек и районов является базовой основой утверждения организации искусственного воспроизводства молоди лосося на естественных кормах в пресноводный период их жизни. Угли, в особенности бурые, содержат до 60% ископаемых органических кислот, все макробиогены и до 50% микробиогенов в т.ч. активаторов ферментов. В условиях горно-равнинных рек происходит разрушение углистого вещества с образованием водорастворимых продуктов - они потребляются микроорганизмами *Arthro Bakter* [4]. Ими питаются насекомые и др. водные биогены разного уровня пищевой цепи, образующей питание молоди лосося. Молодь нагуливает вес и размеры в нагульно-выростных угодьях нерестовых рек, достигнув которых выходит в смешанные воды побережья.

Территория края насыщена тысячами рек, дренирующими угленосные отложения. Их углистые фации – готовая пища, целиком востребованная в животном мире микроорганизмов. Их деятельность даёт белки, жиры, углеводы, витамины и другие макро- и микробиогены вместе с веществом сенокли.

Охотское море, омывающее Западную Камчатку, является холодильником СВ Азии - более полугодом оно подо льдом. Вместе с тем, оно фантастически богато по биопродуктивности. На вершине кормовой базы моря – киты. В воды моря реки Западной Камчатки выносят до 210-240 г/куб.м осадков и влекомых наносов [4] – в них

массы углистого вещества и сненки десятков тысяч больших и малых рек побережья и остальных территорий периметра моря. Через Первые Курильские проливы в море заходят тёплые воды океана и поднимаются к гирлу Пенжинского залива. Через Гижигинский залив воды идут вдоль побережья на север и запад, входят в Татарский пролив, и опускаются в Японское море. На всём пути углистое вещество и сненка осадков потребляют микроорганизмы с концентрацией в центре моря и на подводной возвышенности Ямато в Японском море. Для этих мест обеих морей характерен высокий глубинный тепловой поток, способствующий жизнедеятельности как бактерий, так и огромной биомассе беспозвоночных, рыб, позвоночных.

Заключение. Более 100 лет понадобилось учёным и промышленникам чтобы прийти к мысли о, так называемом, ландшафтном пастбище лососёвого хозяйствования [1, 2]. Предлагается использование ландшафтной концепции искусственного рыборазведения. Это значит, что ЛРЗ должен составлять единое целое с экосистемами нерестовых нагульно-выростных частей рек. Избирается в системе русел углистых рек та часть, в которой установлен нагульно-выростной режим молоди. В них формируется эмульсионно-суспензионный питательный бульон обеспечения жизнедеятельности бактерий – формирование начальных уровней пищевой цепи и бактерий простейших и т.д. Образуется детский сад молоди, возвращенной на природных кормах. Далее – скат в низовья и выход в море.

На Чукотке, в Корякии и на Камчатке ещё сохранились все дикие популяции промышленного лосося. Так, если не хватает дикого лосося, который во время нереста бульдозерами зарывают в траншеи (путина на Камчатке 2018 г.), то пусть осваиваются свободные ещё от промысла многие реки на севере и востоке края. Будет мало – зарыбляйте реки, дренирующие угленосные отложения. Разрабатывайте технологии управления рыбопродуктивностью водоема. Переходите от рыбалки к созданию естественных нерестилищ и их нагульно-выростных пастбищ! Необходимо на государственном уровне запретить технологии современных лососёвых рыбоводных заводов с целью сохранения дикого лосося.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихатович Джим. Лосось без рек. История кризиса тихоокеанского лосося. Перевод А.Р. Моисеева. Владивосток, 2004. 375 с.
2. Современные проблемы лососёвых рыбоводных заводов Дальнего Востока России // Материалы междун. научн. Петропавловск-Камчатский. 2006. 178 с.
3. Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Некоторые аспекты взаимодействия заводских и диких лососей на Дальнем Востоке России // Материалы междун. научн. семинара Сов. проблемы лососёвых ЛРЗ. П.-Камчатский: КПД. 2006. 178 с.
4. Яроцкий Г.П. «Способ повышения рыбопродуктивности водоёма» / Патент 2111656 (Россия). М. 27.05.98. 16 с.
5. Яроцкий Г.П. Дикий тихоокеанский лосось Северо-Запада Пацифики. Феномен и путь спасения. Камчатка и Корякия // Монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Germany. Saarbrucken. 2013. 275 с.
6. Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы XIII межд. научн. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2012. С. 132-140.

**ПРИРОДНОЕ И ИСТОРИКО-  
КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ  
АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ  
ТЕРРИТОРИЙ**

---

## СОСТОЯНИЕ ШВЕДСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Н.О. Беспалая*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,  
г. Архангельск, [natabespalaja@mail.ru](mailto:natabespalaja@mail.ru)

В современных реалиях шведская национальная идентичность испытывает серьезное давление со стороны глобальных процессов. Миграция, приобретающая все больший размах, становится причиной роста политической нестабильности в шведском обществе и социальных конфликтов в стране. Это подрывает шведскую социальную модель и влечет за собой кризис национальной идентичности.

Сложившаяся ситуация задает особый ракурс в интерпретации и изучения миграционных процессов. Существует широкий спектр работ, раскрывающих феномен национальной идентичности. К ним следуют отнести работы: П. Бергера, Т. Лукмана, К. Джоппке, В. А. Ядова и И. С. Семененко. На основе рассмотренных источников можно выделить ряд условий, в которых протекает кризис национальной идентичности.

- Доля мигрантов с противоположной исконному населению социокультурной идентичностью регулярно увеличивается и достигает отметки 6–10 % от общей численности населения;
- Социокультурная идентичность иммигрантов по своей специфике значительно отличается от местного населения;
- Мигранты отказываются «встраиваться» в социокультурное пространство принимающего общества и систему его ценностей [7].

Согласно статистическим данным около 15 % населения Швеции родилось за границей и порядка 22 % населения страны являются либо иммигрантами, либо их потомками. По процентному соотношению мигрантов к коренному населению Швеция занимает второе место в Европе. Анализ объема миграции в стране свидетельствует о его стабильном росте [4].

Социокультурная идентичность шведов в значительной степени отличается от идентичности мигрантов. В шведском обществе религия является частным делом граждан, которое выведено из публичной сферы. В свою очередь, ислам объединяет выходцев из различных стран, имеющих различную этническую принадлежность, в достаточно сплоченные сообщества. Во многом это противоречит европейскому обществу, которое характеризуется социальной обособленностью и индивидуализмом [2].

Кроме того, сознание мигрантов, отличающееся традиционностью и консервативностью, сталкивается с модернистским сознанием шведов, которые культивируют толерантное отношение к любому мнению, дорожат свободой самовыражения и имеют меньшее число табу [2].

Что касается третьего критерия, то иммигрантское сообщество восприняло шведскую модель и интегрировалось в общество ровно в такой степени, чтобы добиваться реализации собственных требований. Причина этого кроется в практике мультикультурной политики. Так, мультикультурализм породил ряд проблем, подрывающих национальную идентичность: позитивную дискриминацию, добровольную сегрегацию, рост ксенофобии и расизма, исламофобия, терроризм.

*Феномен «позитивной дискриминации».* Зачастую иммигрантам становится экономически выгодно подчеркивать собственную отличность от коренного населения. Чрезмерная социальная опека государства к тому, что мигранты не желают интегрироваться в новое общество. Люди становятся зависимыми от социальной поддержки.

По состоянию на 2019 год уровень безработицы среди иммигрантов составил 16,8% [6]. Более того, согласно данным SVT Nyheter практически половина мигрантов неевропейского происхождения на сегодняшний день являются безработными [9].

На фоне стремительного повышения затрат на содержание мигрантов, падает число налогоплательщиков. Сегодня налоговая нагрузка в Швеции составляет более 51% валового внутреннего продукта, что в значительной степени превышает средний показатель по Европе – 41,5% [11].

*Добровольная сегрегация населения.* В крупных промышленных городах Швеции (Стокгольме, Гётеборге и Мальмё) образуются иммигрантские гетто. Расселение иммигрантов в зонах компактного проживания, ведет к их культурному обособлению.

Низкий уровень взаимодействия с местным населением ведет к тому, что иммигранты, не получая необходимые социальные навыки и не совершенствуя уровень владения языком, быстро теряют работу. Так, среда обитания в подобных кварталах становится местом маргинализации мигрантов. Как правило, в этих районах наблюдается высокий уровень преступности.

На представленном графике можно проследить изменения уровня преступности в Швеции в динамике. Согласно приведенным данным за прошедшие десять лет общий уровень преступности в Швеции вырос на 23,3% [8].

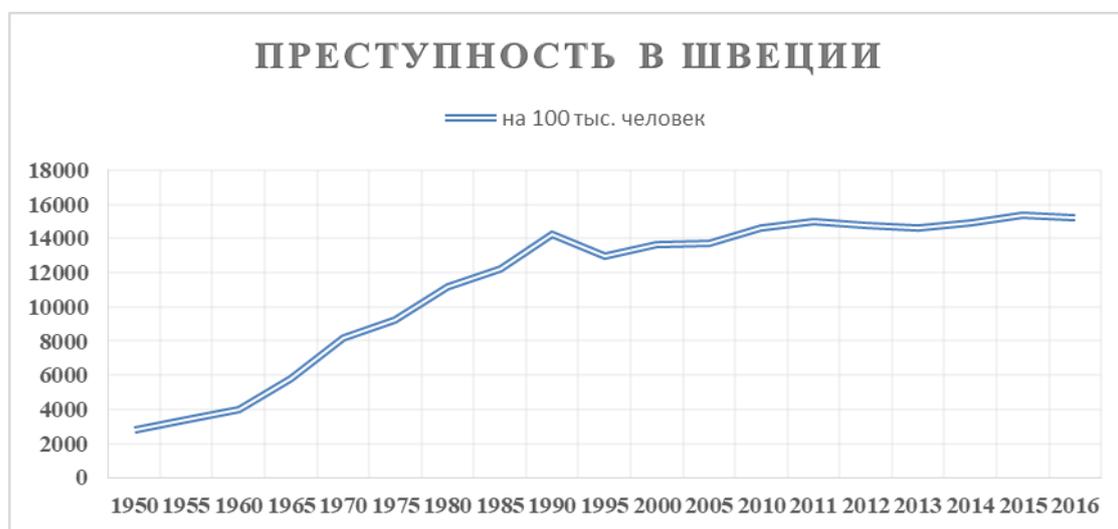


Рис.

Рис. 1 — Динамика изменения уровня преступности в Швеции с 1950 – 2016 гг.

Процесс маргинализации иммигрантов порождает среди шведов недоверие и отторжение, что влечет за собой ответную реакцию жителей «гетто». Этот замкнутый круг способствует усилению взаимного неприятия коренными шведами и иммигрантами другой культуры.

*Исламофобия.* В условиях роста террористической активности в мире культурной сегрегации населения во многом способствует предвзятое отношение европейцев к лицам, исповедующим ислам. Это заставляет мусульман искать защиту в собственных общинах. Кроме того, мусульмане в меньшей степени, чем любые другие иммигранты, проявляют способность, а главное – готовность интегрироваться в новую, культурно и конфессионально чуждую им среду.

Сегодня ислам является второй по количеству адептов религией в Швеции. Численность ее последователей составляет около 5 % населения – порядка 500 тыс. граждан. Мощный миграционный поток из исламских стран способствовал не только общему увеличению количества мусульман в стране, но и распространению ислама среди коренного населения [10].

Стремительное увеличение числа мусульманских общин страшит европейцев. Многие исследователи рассматривают ислам как символ-маркер негативной идентичности. Некоторые представители научного сообщества прогнозируют, что уже через несколько десятилетий человечество сможет стать свидетелем «трансформации европейской христианской цивилизации в мусульманскую» [3].

Страхи исконного населения Европы нашли свое отражение в сценарии «Нового халифата». Согласно данному сценарию в условиях динамичного роста влияния религиозной идентичности произойдет снижение значимости национальной идентичности. Процесс повлечет за собой замедление темпов демократизации и падение ряда демократических режимов, также «возможное формирование глобального движения, основанного на радикальной религиозной идентичности, глобального исламского проекта».

Создание межгосударственного объединения мусульман может повысить угрозу конфликтов и терроризма. Вероятны конфликты внутри самого мусульманского мира, а также появление новых террористических организаций, защищающих Халифат от «неверных» [3].

Так, сценарий «Нового Халифата» является своего рода описанием кризиса системы международной безопасности. В данной системы баланс сил очень хрупок, именно поэтому противостояние мусульманского и Западного миров может трансформироваться в локальный, региональный или даже глобальный конфликт.

Росту исламофобии в шведском обществе во много способствовали теракты последних лет: теракт на рождественском базаре на Брайтшайдплац в Берлине 19 декабря 2016, теракт в Стокгольме 7 апреля 2017 и другие [10].

По данным шведского правительства, в 2016 году полицией было зарегистрировано 1177 преступлений на почве ненависти и религиозной неприязни. Инциденты включали акты насилия, угрозы, дискриминацию, клевету, разжигание ненависти, оскорбления, вандализм и граффити. Так, число преступлений на почве ненависти с антимусульманскими мотивами составило 439, а антихристианскими – 289 [10]. Ниже представлена диаграмма, отражающая процентное соотношение мотивов преступных действий в Швеции.

### Преступления на почве ненависти и религиозной неприязни

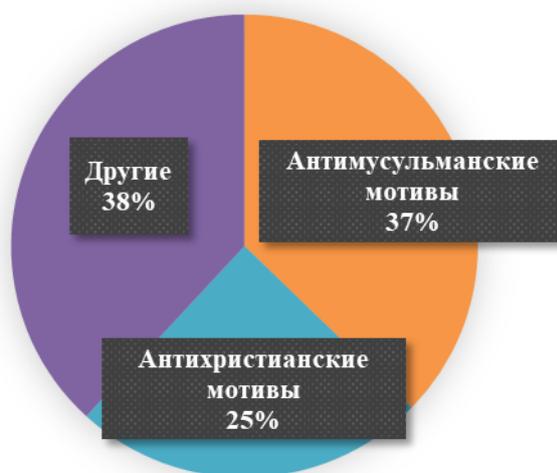


Рис. 2 — Процентное соотношение направленности преступлений на почве ненависти и религиозной неприязни по данным 2016 г.

Согласно рассмотренным данным, преступления, совершенные по отношению к мусульманам, превышают число преступных действий антихристианской

направленности. Однако представленная диаграмма не в полной мере отражает реальную картину. Это связано с тем, что правительство страны и средства массовой информации предпочитают умалчивать этническую принадлежность преступников.

*Терроризм.* Швеция боясь утратить имидж государства всеобщего благоденствия с высокоразвитыми социальными ценностями, стала питательной средой для терроризма. Ряд аналитиков полагает, что рост террористической активности в стране связан с ее чрезмерно лояльным законодательством [1].

Политическое игнорирование реальности привело к формированию и развитию в Швеции террористической организации «Рабочей партии Курдистана», нацистских групп, а также разнообразных движений радикального толка, чья деятельность направлена на пропаганду и финансирование терроризма [5].

Идеи радикальных исламистов становятся привлекательными для мусульманской молодежи в виду глубокой потребности в социальной интеграции и самоидентификации. Радикальные движения предоставляют не только «трудоустройство», но и своеобразную модель «справедливого миропорядка». В этой системе находят поддержку те, чьи надежды на лучшую жизнь в условиях конкурентного рынка труда и шведской действительности не оправдались [1]. Таким образом, проблему терроризма невозможно решить лишь путем ужесточения контроля. Здесь необходим комплексный подход к решению проблемы.

Таким образом, в современных условиях увеличения миграционных потоков происходит столкновение мировоззрения демократического шведского общества и иммигрантского мусульманского меньшинства. Такое столкновение и отсутствие каналов политического взаимодействия с представителями иммигрантского меньшинства порождает кризис идентичности.

Нежелание основной массы шведов воспринимать иммигрантов в роли таких же граждан Швеции, как они сами – это серьезная проблема. В большинстве своем местное сообщество стремится оградить себя от контактов с иммигрантами. Более того, шведы видят в мусульманских мигрантах источник собственных проблем и социальных угроз. Такие настроения создают почву для появления радикальных партий, призывающих к «восстановлению» идентичности и объединению на основе негативной идентичности.

Что касается иммигрантского сообщества, то оно стремится адаптировать шведское общество под себя, а не адаптироваться к нему. В конечном счете, затрудняет процесс интеграции мусульманских мигрантов, порождая в шведском обществе проблемы добровольной сегрегации населения, дискриминации, роста террористической активности.

Довольно сложно сказать, в какой степени мигранты настроены на построение каналов политического взаимодействия с принимающим сообществом. Однако видится необходимость обеспечения корректности в информации об исламе и его представителях, введение обязательного религиозного образования в учебных заведениях, избавление от штампов и стереотипов в средствах массовой информации и общественном сознании.

Так, формирование адекватной оценки ситуаций, связанных с мусульманскими иммигрантами, будут способствовать взаимному диалогу между коренным населением Швеции и иммигрантами-мусульманами и консолидации шведского общества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенкова Е. С. Интеграция мигрантов — в интересах безопасности и развития, 2017. [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/integratsiya-migrantov-v-interesakh-bezopasnosti-i-razvitiya/> (Дата обращения 10.04.19).

2. Беляев Д. А. Мультикультурализм как стратегия создания дискретного «сверхобщества» в контексте постмодернистской культуры: теория и практика // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2012. – № 8(22). – С. 46–50.
3. Большаков Г. А. Кризис этнической идентичности и массовая миграция в странах Скандинавии: Норвегия, Дания, Швеция: автореферат дис. канд. пол. наук / Г. А. Большаков. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2014. – 20 с.
4. Население Швеции, 2019. [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://countrymeters.info/ru/Sweden> (Дата обращения 5.04.19).
5. Савенко Е. И. Проблема терроризма в современной Швеции // Изв. Сарат. ун-та, Серия: История. Международные отношения. – 2017. – №3. – С. 375–379.
6. Статистика Швеции. Занятость и безработица, 2019. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://svspb.net/sverige/statistika-shvecii.php> (Дата обращения 2.04.19).
7. Узнародов Д. И. Миграционные процессы как фактор становления национальной идентичности // Известия вузов Северо-Кавказский регион, Серия: Общественные науки. – 2014. – №6 (184). – С. 38–43.
8. Уровень преступности в Швеции (1950-2016) / Государственный совет по профилактике преступности (Brottsförebyggande rådet), 2016. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://svspb.net/novosti/uroven-prestupnosti-v-shvetsii/> (Дата обращения 10.04.19).
9. Foreign-born unemployment, 2013-2017. [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://www.svt.se/> (Дата обращения 5.04.19).
10. Sweden International Religious Freedom Report. – United States Department of State. Bureau of Democracy, Human Rights, and Labor. – 2017. – 16 p.
11. Taxes in Sweden. – An English Summary of Tax Statistical Yearbook of Sweden, 2013. – 54 p.

## **ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХОТЫ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ГУБЕРНИИ В КОНЦЕ XIX - НАЧАЛЕ XX ВВ.**

*Р.А. Давыдов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, [nordhistory@mail.ru](mailto:nordhistory@mail.ru)

В 1892 г. в России были приняты «Правила об охоте». Они были высочайше утверждены императором 3 (15) февраля 1892 г. и введены в действие с 1 (13) марта 1892 г. [1, 2]

Этот документ был коротким, предельно общим, мало учитывающим специфику окраин империи. В нем содержались формулировки, допускавшие неоднозначное толкование. Статья 18 «Правил об охоте» запрещала использование самоловов (петлей, силков, капканов и пр.). Применение ее на практике в Архангельской губернии вызвало социальную напряженность и даже эсхатологические ожидания. Столичные разработчики «Правил» не учли, что охота с использованием простых и дешевых в изготовлении самоловов была гораздо более распространена среди малоимущего населения Архангельской губернии, чем охота с применением огнестрельного оружия, требующая заметно больших денежных затрат на организацию промысла. В «Правилах об охоте» также не учитывалась ситуация на внутреннем рынке России, где устойчивым и возрастающим спросом пользовалось не только мясо, но и перо птицы: «чистая» дичь, т.е. давленная, не запачканная кровью, ценилась дороже стреляной. Не были

предусмотрены наказания для скупщиков дичи, правовые и организационные процедуры конфискации дичи, ее хранения, реализации. Судя по сохранившимся документам, нарушения новых правил охоты в середине – второй половине 1890-х гг. в Архангельской губернии приняли массовый характер. Полицейские чины, на которых возлагалась задача по преследованию виновных в охоте попавшими под запрет способами, не могли с ними справиться из-за того, что районы промыслов были значительно удалены от населенных пунктов. Скупщики дичи по-прежнему доставляли на ярмарки десятками возов и тоннами добытую дичь.

Обнаруженные в Государственном архиве Архангельской области (ГААО) и введенные нами в научный оборот источники [3, 4, 5] показывают, что недостаточно проработанные и не учитывавшие местную специфику «Правила об охоте» сильно ухудшили материальное положение части населения Архангельской губернии. Показательно, что, недовольство жителей новыми правилами, для которых охота была важным источником даже не дохода, а собственно выживания (!) и уплаты податей, вполне разделялось и деятельно поддерживалось чиновниками волостного и уездного уровня. В то же время, Архангельское губернское правление пыталось неумолимо и жестко требовать безусловного исполнения «Правил об охоте», организуя рейды по лесам с привлечением полиции, чинов лесной стражи и массовым уничтожением обнаруженных самоловов. Один из участников этих рейдов вспоминал, что самоловы («силья») «тут же на месте, на глазах крестьян, уничтожались тысячами» [6, 7, 8].

В 1896 г., т.е. спустя более четырех лет после публикации «Правил об охоте», правительство в лице Министерства земледелия и государственных имуществ признало, хотя и с оговорками, что принятие этого законодательного акта было поспешным, а сам документ плохо подготовлен из-за поверхностного представления его составителями реального состояния охоты в России. Для столичных и губернских властей наступило время работы над ошибками. Созданная в том же году межведомственная комиссия должна была пересмотреть «Правила об охоте», поскольку реализация их на практике в Российской империи вызвала «немало вопросов и недоразумений». Однако на сбор необходимых для комиссии сведений, статистических данных в 1896 г. было отведено очень мало времени. Поэтому ответы на сформулированные в министерстве вопросы получились формальными отписками (во всяком случае, у чиновников канцелярии архангельского губернатора). Они давали лишь общую информацию о состоянии охоты в Архангельской губернии в конце 1890-х гг. Вряд ли они смогли в полной мере оказаться полезными для столичной комиссии, занявшейся пересмотром поспешно утвержденных в 1892 г. «Правил об охоте». [9]

Утверждалось, что «Правила об охоте» 1892 г. разрабатывались главным образом для запрещения «жестоких, бесчеловечных способов избиения животных и вообще бесцельного и нерасчетливого истребления их», что «Правила» приучали население «серьезно и гуманно относиться к животным и заботиться о размножении полезных зверей и птиц, правомерно пользуясь запасом живых богатств России». На практике же возвышенные слова прикрывали стремление государства взять охоту как промысел под контроль, сделав его новым стабильным источником финансовых поступлений в казну. Только за десять лет существования «Правил» в казну поступило «около полутора миллионов рублей охотничьего капитала». Кроме того, в течение восьми лет действия «Правил» в империи возникли и заработали свыше 60 охотничьих обществ [10], значительная часть из которых стали своего рода клубами, объединивших представителей региональных элит для охоты как своего рода спорта и досуга.

В 1892 г. власти России предприняли масштабную, но неоднозначную по своим результатам попытку создания единой системы правового регулирования охоты в масштабах всей страны. Во второй половине 1890-х – первой половине 1910-х гг. проводилась работа по выработке уже нового законопроекта. Однако следует признать, что эта работа в полной мере не была завершена до краха Российской империи в 1917 г.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания по теме «Экологические и социо-культурные факторы сохранения биоразнообразия и традиционного природопользования на Европейском Севере и в Арктике» (№АААА-А17-117122990042-2).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПСЗРИ. Собрание третье. Т. XII. 1892. №№ 8215–9216. СПб., 1895. № 8301. С. 81–85.
2. Туркин Н.В. Закон об охоте 3 февраля 1892 года. С историческим очерком и мотивами, с приложением оставшихся в силе законоположений об охоте и таблице сроков охоты. М., 1892.
3. ГААО. Ф. 4. Оп. 10. Т. 1. Д. 479.
4. ГААО. Ф. 4. Оп. 10. Т. 1. Д. 525.
5. ГААО. Ф. 4. Оп. 10. Т. 2. Д. 2689.
6. С-в А. Охота силом за птицею в Пинежском уезде до закона 3-го февраля 1892 г. и после. Архангельск, 1900.
7. Давыдов Р.А. Применение на практике «Правил об охоте» 1892 г. в Архангельской губернии в конце XIX – начале XX в. // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2019. № 2 (14). С. 9–33.
8. Давыдов Р.А. Письма крестьян и чиновников Архангельской губернии с просьбами частичной отмены «Правил об охоте» 1892 года // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2019. № 3 (15). С. 5–19.
9. Давыдов Р.А. Общие сведения об охоте в Архангельской губернии в конце XIX в. // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2019. № 4 (16). С. 5–15.
10. Труды по выработке законопроекта об охоте в связи с участием Императорского общества правильной охоты. С приложением резолюций 2-го съезда охотников. История 2-го съезда. М., 1911.

#### **ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ АРКТИКИ: СЕВЕРНЫЙ «ТРОЙНИК» В СЕЛЕ МАЛОШУЙКА, ОНЕЖСКОЕ ПОМОРЬЕ**

*Жигальцова Т.В.*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, zhigaltsova@fciarctic.ru

Характерной особенностью деревянной архитектуры Европейского Севера и Арктики являются северные «триады» или «тройники». «Тройник» – культовый ансамбль состоящий из трех построек: теплая зимняя церковь, летняя холодная (не отапливаемая) церковь, колокольня. Необходимость постройки отапливаемого храма объясняется холодным климатом и продолжительным зимним сезоном. К примеру, в разделе описания климата в Онежском уезде начала XIX века С.К. Молчанов указывает, что морозы случались в конце июля, а снег выпадал в октябре [1, с. 2-3]. В летних же храмах «службы проводили только в особо торжественных случаях, в дни местных престольных праздников» [2, с. 157].

Триады погоста, по мнению архитектора Ю.С. Ушакова, сформировались только к XVII веку [3, с. 95]. В XIX веке это был распространенный тип культового ансамбля в сельской местности. В настоящий момент сохранилось шесть «тройников», являющихся частью историко-культурного наследия северных территорий. Это

ансамбли в поселениях: Варзуга в Мурманской области, Филипповская (Почозеро), Нёнокса и Ворзогоры в Архангельской области, Кижы – республика Карелия. Данная работа посвящена «тройнику», расположенному на территории Онежского Поморья в историческом поселении Малошуйка, Архангельская область.

В начале XIX века в Онежском уезде было 630 деревень, 32 прихода и 88 деревянных церквей [1, с. 265]. Село Малошуйка входило в состав Первого Благочиния по Онежскому уезду. Села расположено на берегу Белого моря недалеко от устья реки Малошуйка. Малошуйский приход был образован в период с конца XVI – начала XVII века, поскольку известно, что в волости Шуйка до 1638 года уже какое-то время существовал Никольский храм: «в памятной книге, завезенной в 1822 г, сохранился Указ Митрополита Новгородского и Великолужского Афония к игумену Кожеозерского монастыря Ионе / указ от 22 февраля 1638 года / где Митрополит приказывает игумену Ионе строить новый деревянный храм в честь святителя Николая на месте сгоревшего храма в честь тагоже святого в волости Шуйка, принадлежащей монастырю» [4, л. 55].

Храмовый комплекс с. Малошуйки (д. Абрамовская) состоит из зимней пятиглавой Сретенской церкви (1873), летней шатровой Никольской церкви (1638), колокольни с «кумполом» (1807). В структуре поселения «тройник» расположен на возвышенностях и хорошо просматривается со всех «концов» села.

Датировка постройки церквей с. Малошуйки требует уточнения. В описании церквей путешественником С.В. Максимовым в конце XIX века указаны иные даты постройки: «По церковному «Памятнику» видно, что церковь Сретения освящена в 1600 году по благословию новгородского митрополита Евфимия, а другая церковь (холодная), Николая Чудотворца, сооружена в 1700 году. Обе церкви эти существуют и в настоящее время» [5, с. 361-362]. Что касается *Никольской церкви*, архитектор В.В. Суслов указал, что до 1700 года она была часовней от которой осталась только нижняя часть главного сруба [6, с. 43]. Исследователь Т.М. Кольцова также предполагает, что Никольская церковь первоначально была часовней, а в 1700 году освящение антиминса было связано с перестройкой храма, алтаря и устройством нового иконостаса [7, с. 207]. В изученных нами документах нет прямого указания на то что Никольская церковь до 1700 года была часовней. В приведенной выше цитате из Клировых ведомостей по Онежскому уезду за 1901 указано «строить новый деревянный храм в честь святителя Николая на месте сгоревшего храма» [4, л. 55]. В документе «Опись имущества и угодий церквей Малошуйского прихода за 1833» при описании церквей указано: «Вторая церковь во имя Святителя Чудотворца Николая построена 1700 года деревянная же одноэтажная шатровая...*Прежде на том же месте были Церкви* [курсив мой – Т.Ж.]» [8, л. 2].

Вероятно, перестройка Никольской церкви или часовни в 1700 году была настолько масштабной, что по сути являлось строительством новой церкви, поэтому можно предположить, что датировка храма 1700 годом будет более правильной.

Указанная С.В. Максимовым дата – 1600 год освящения *Сретенской церкви* подтверждается иными документами: «В сим приходе имеется две церкви деревянных. Первая во имя Сретения Господня построена в 1600 года иждивением крестьян, на каменном фундаменте в вышину до кровли шесть сажень в ширину четыре сажени, в длину по фундаменту с трапезою девять сажень» [8, л. 1-2]. Вероятно, этот храм был утрачен, поскольку в 1698 году в селе Малошуйка был освящен еще один деревянный храм во имя Сретения Господня [9, с. 17]. Этот храм был одноглавым. В архивном документе «Церковная и ризничная опись» за 1856 год сказано, что храм «поправлен и обшит тесом в 1845 году и к нему пристроено четыре главы, а в следующем году окрашен белою краскою с разрешения местного Преосвященного» [10, л. 1]. Таким образом, пятиглавым храм стал только в 1845 году. Этот храм сгорел в 1870 году [9, с. 17]. На месте сгоревшего храма на средства прихожан и пожертвований от сбора по

всей России был построен одноэтажный пятиглавый храм в 1873 году (Рис.1) по благословию преосвященного Ювеналия [9, с. 17].

Новый храм был в 1880 году обшит тесом, а в следующем году окрашен белилами [11, л. 14]. Храмы содержались за счет кружечно-кошелькового сбора, средств от продажи свечей, случайными пожертвованиями и за счет средств попечительства, открытого в 1893 году [9, с. 18]. Тройник был обнесен деревянной оградой.

Таким образом, собранные архивные данные, с одной стороны, расширяют знания об истории культовых построек, а с другой, дают повод для дальнейших поисков ответов на вопросы связанные с их датировкой и перестройкой.



Рис. 1 – Сретенская церковь (вид с юго-востока), 1873, с. Малошуйка, Онежский район / Сретенская церковь. Сост. П.Н. Шармин, 1990 // Архив культурного наследия. Код памятника 2910065003. Режим доступа <http://nasledie-archive.ru/objs/2910065003.html#>

В советский период времени церкви с. Малошуйка находились на балансе колхоза и использовались под склады, Никольская церковь и колокольня приняты под охрану Постановлением Совета Министров РСФСР № 1327 от 30.08.1960 [12, л. 2]. На тройнике были проведены ремонтно-консервационные работы (восстановлены главы и кровельные покрытия, утраченная тесовая обшивка) в 1988 году Архангельской СНРПМ, руководитель архитектор А. Баранов [12, л. 1].

Снятие колоколов и глав с церковью в период прихода советской власти, постепенно обрастает легендами среди местных жителей. Фольклорная экспедиция ГМПИ (ныне РАМ) им. Гнесиных в 1977 зафиксировала легенду о снятии колоколов после Революции: «Анфиса Андреевна Ложкина рассказала, что когда сбросили с колокольни колокола, то самый большой ушел в землю очень глубоко. Одна старуха, отец которой то ли делал, то ли вешал эти колокола, водила над колоколом стихи, как по покойному. К этому месту стекалась тогда вся деревня» [13, с. 7]. Нами была зафиксирована легенда о снятии главок с Никольской церкви в 1932 году в с. Ворзогоры, объясняющая почему не все главки были срублены [14]. Данный материал представляет собой перспективную тему для будущих исследований историко-культурной среды арктических сельских поселений.

Таким образом, для сохранения «деревянного» наследия Арктики требуется его дальнейшее как историко-архивное, так и архитектурно-этнографическое изучение.

Необходима ревалоризация историко-культурного наследия с целью ревитализации не только отдельных культовых построек, но и всего архитектурного ансамбля исторических поселений в целом.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта РФФИ № 18-49-290001 p\_a «Деревянный храм в контексте изучения русской традиционной культуры: синкретизм материального и духовного (по материалам Русского Севера и Арктики)»*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молчанов С.К. Описание Архангельской губернии, ее городов и достопримечательных мест со многими древними историческими известностями и замечаниями, к дополнению Российской истории служащими... Изд. Гл. Правление училищ в С. Петербурге при императорской Академии Наук, 1813. С. 2-3 // АОКМ – Архангельский областной краеведческий музей 3423
2. Пермиловская А.Б. Культурные смыслы народной архитектуры Русского Севера. Екатеринбург: УрО РАН; Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера»; Ярославль: ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 2013. 608 с.
3. Ушаков Ю.С. Ансамбль в народном зодчестве русского Севера (пространственная организация, композиционные приёмы, восприятие). Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1982. 168 с.
4. Клировые ведомости по Онежскому уезду за 1901 год / Ведомость о Церкви Онежского уезда Малошуйского прихода за 1901 год // ГААО – Государственный архив Архангельской области Ф. 462. Оп. 1. Д. 10.
5. Максимов С.В. Год на Севере. СПб.: Типография А. Траншеля, 1871. 690 с.
6. Суслов В.В. Путевые заметки о Севере России и Норвегии. СПб.: Типография А. Ф. Маркса, 1888. 72 с.
7. Кольцова Т.М. Иконы Северного Поонежья: монография. М.: Северный паломник. 2005. 352 с.
8. Опись имущества и угодий церквей Малошуйского прихода за 1833 // ГААО – Государственный архив Архангельской области Ф. 462. О. 1. Д. 28.
9. Верюжский М. Малошуйский приход // Архангельские епархиальные ведомости. 1896. № 3. С. 16-19.
10. Церковная и ризничная опись Архангельской Епархии Онежского Уезда Малошуйской Сретенской Церкви, составлена в 1856 году членом консистории священник Григорий Шилов // ГААО – Государственный архив Архангельской области Ф. 29. О. 31. Д. 767.
11. Главная опись церковного и ризничного имущества Архангельской Епархии Онежского уезда Малошуйского прихода церковью составлена в 1895 году // ГААО – Государственный архив Архангельской области Ф. 29. О. 31. Д. 1637.
12. Погост Малошуйка, первая половина XVII – вторая половина XIX в. Сост. П.Н. Шармин, 1990 // Архив культурного наследия. Код памятника 2910065000. Режим доступа <http://nasledie-archive.ru/objs/2910065000.html>
13. Резниченко Е.Б. Свадьба на «пецяльненьком славном синем море» // Живая старина. 2011. № 4. С. 6-9.
14. Жигальцова Т.В. Село Ворзогоры: пространственная организация и памятники культового деревянного зодчества // Человек и культура. 2018. № 4. С. 57 - 66. Режим доступа: [http://www.nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=27006](http://www.nbpublish.com/library_read_article.php?id=27006)

## ТРАДИЦИОННЫЙ КРЕСТЬЯНСКИЙ ДОМ В КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ ОНЕЖСКОГО ПОМОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ С. ВОРЗОГОРЫ, ОНЕЖСКИЙ Р-Н)

*А.А. Усов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, usov@fciarctic.ru

Жилище – один из важнейших элементов любой традиционной культуры. Независимо от местности, дом является способом ограничения и освоения пространства, местом труда и отдыха, питания, сна и продолжения рода [1]. В экстремальных природно-климатических условиях, на территориях с резкими контрастами летних и зимних температур, в стабильном жарком или холодном климате, жилище приобретает особое значение. Его возведение становится вопросом физического выживания, приспособления местного населения к особенностям окружающей среды. В данном контексте, дом, особо отчетливо проявляет себя как продукт сложного взаимодействия культуры и природы, что порождает наиболее выдающиеся образцы народной архитектуры. Жилище, как место взаимовлияния специфического культурно-бытового комплекса и природного начала становится объектом, формирующим и наполняющим культурный ландшафт. Под культурным ландшафтом в данной работе понимается «система, которая включает в себя поселение, природный ландшафт, планировочную и топонимическую структуру, народную архитектуру, а также этнос, хозяйственную деятельность, язык, духовную культуру [2]».

Русский Север (также Европейский Север или просто Север) – это регион, который располагается в пределах тундры и северной тайги, а также зоне умеренно холодного субарктического климата [3]. Наибольшее природно-климатическое разнообразие приходится на Поморье – часть территории Русского Севера на побережье и островах Белого и Баренцева морей. Местный климат зависит, в том числе от морской розы ветров, теплых и холодных течений [4]. Лето здесь короткое, в течение года наблюдаются относительно низкие температуры и естественное увлажнение. Животный мир разнообразен, а подзолистая почва пригодна для ведения сельского хозяйства. Впрочем, основным источником пищи было море. Именно оно повлияло на возникновение, в среде заселявших эти территории Русских в XII-XVII вв., хозяйственно-культурного типа, основанного на рыболовстве и морской охоте. Благодаря этим особенностям, поморов возможно определить как вариант морской культуры в Арктике [5]. Особо отметим обилие лесов, обеспечивших местных жителей древесиной – легкообрабатываемым и прочным строительным материалом.

Таким образом, характерные для Русского Севера в целом Поморья в частности, условия не были невозможными для проживания, однако только в совокупности природных и социокультурных факторов мог появиться на свет особый тип северорусского жилища. Так, не последнее место по своей значимости занимает отсутствие на Севере полноценного крепостного права. Несмотря на то, что крестьяне несли различные повинности, они не знали личной зависимости и отнимавшей колоссальное количество времени и сил барщины [6].

Как результат, на Русском Севере сложился характерный для этого региона комплекс дома-двора. Его главная отличительная черта – большой замкнутый объем, объединение под одной крышей жилых и хозяйственных помещений. Подобное планировочное решение позволяло крестьянам заниматься многочисленными хозяйственными работами без необходимости покидать жилище. Соответственно, главными задачами были сохранение тепла и защита от ветров и осадков. Все поморские дома подчинялись единой системе архитектурно-планировочных решений, которые были свойственны традиционной жилой архитектуре Севера в целом.

Наиболее распространенным тип жилища – «брус» на высоком подклете. Жилой комплекс был организован через трехчастное деление на жилую часть – избу, сени и хозяйственную часть – двор и поветь [7]. В типе «брус» они располагались под одним коньком крыши, по единой продольной оси, друг за другом. Основным способом планировки жилой части был «четырёхстенок». Фундаментом дому служили врытые в землю камни или «подстолбники» – сосновые или лиственничные чурки.

Каждый элемент и архитектурно-конструктивный прием в комплексе дома-двора играл существенную роль как способ приспособления крестьян к местным природно-климатическим условиям. Так, например, высокий подклет обеспечивал с одной стороны, подъем всей конструкции дома над сырой и холодной почвой, с другой – являлся достаточно просторным хозяйственным помещением, обслуживающим нужды больших крестьянских семей. Кроме того, подклет увеличивал объем построек по вертикали так, что даже относительно небольшие дома с одним жилым этажом визуально выглядели двухэтажными, производили впечатление зажиточности. Сени предотвращали сильные потери тепла при открывании двери в избе. Сохранению тепла способствовал и господствовавший способ соединения бревен в срубе – «в обло» с остатком. Этот прием значительно удорожал постройку, однако и давал вспомогательный адаптационный эффект: остаток обеспечивал дополнительную устойчивость к промерзанию углов (которое происходит быстрее вдоль волокон древесины, а не поперек) [8].

«Включение» жилища в северный культурный ландшафт происходило на нескольких уровнях. С точки зрения пейзажно-эстетического подхода, как образ, дом сначала становился частью природного ландшафта, элементом обозреваемого пространства. Так, традиционно поморские дома ставились на берегу реки. Соответственно, наиболее распространенным типом планировки поселения была прибрежно-рядовая: от 1 до 3 рядов домов выстраивались по обоим берегам и были обращены фасадами к воде. Другим важным ориентиром выступало солнце: жилище также старались развернуть окнами главного фасада на южную, юго-восточную сторону, чтобы обеспечить избу естественными теплом и светом.

В то же время, образование культурного ландшафта достигалось через применение аутентичных строительных материалов. Дома возводились из местной древесины и таким образом «вписывались» в ландшафт через единство общих компонентов. Для постройки жилого сруба северные зодчие в основном использовали сосну. Она отличалась смолистостью, плотностью, прочностью, малым количеством сучков, большой устойчивостью к влаге. В этом смысле, лучшим материалом выступала лиственница, однако она была намного реже, дороже и лишь иногда применялась как основа для окладного венца сруба.

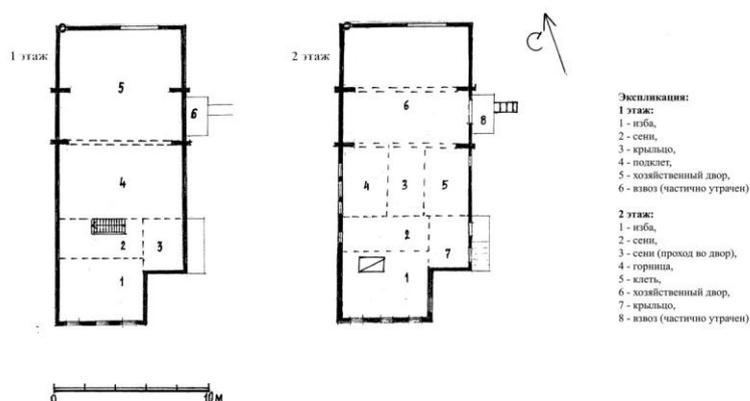
Несмотря на общность указанных особенностей, на территории Русского Севера возможно обнаружить поселения, формирующие уникальный культурный ландшафт. Так, например, побережье Белого моря состоит из 7 районов или берегов: Терский, Кандалакшский, Карельский, Поморский, Онежский, Летний, Зимний [8]. Значительную часть Поморского берега от р. Кемь до р. Онеги – занимает так называемое Онежское Поморье. Это обширные заболоченные пространства, которые покрыты сосновыми и еловыми лесами. И только в районе Кеми встречаются большие каменные утесы [4]. Именно здесь располагается сельское историческое поселение Ворзогоры.

Село Ворзогоры состоит из двух деревень Кондратьевская и Яковлевская. В настоящее время деревни расположены на расстоянии километра друг от друга. Село входит в состав Нименьгского муниципального образования, находится в 21 км от районного центра г. Онега [9]. Ворзогоры имеют уникальную пространственную организацию. Село расположено на вытянутом с востока на запад песчаном мысе Белого моря и находится на расстоянии в 4 км от реки Нименьга и в 15 км от устья реки

Онеги. Северный крестьянин всегда строил дом у реки, так как она была не только источником пресной воды, но и ключевой транспортной магистралью, доступной как в летнее, так и зимнее время года. Даже поморы, чьим полем и охотничьими угодьями выступало море – размещали поселения в устьях рек. Однако с. Ворзогоры представляет собой одно из немногих исключений из правила. Другим примером приморского поселения Русского Севера, не имеющего выхода к ближайшей водной артерии является д. Кашкаранцы на Терском берегу (Терский р-н, Мурманская обл).

Примером типичной постройки с. Ворзогоры выступает комплекс дома-двора Эльвиры Николаевны Мартын («дом фельдшера») из д. Кондратьевская (Рис. 1).

По словам местных жителей – это один из старейших комплексов домов-дворов в поселении. Опрошенные жители предполагают, что дом был построен уже к середине XIX века (?), однако более реальная датировка относится ко второй половине XIX века. Строительный материал – сосна. Это большой непропорциональный четырехстенник, тип соединения жилой и хозяйственной части – «брус» на высоком подклете. На примере дома-двора Э.Н. Мартын следует отметить, что не все жилища в поселении выглядят соответствующе высокими, так как ветер приносит песок с мыса, и уровень почвы со временем поднимается. В соответствии с этим жилища устанавливаются на прочный фундамент из камней, которые в большом количестве усеивают побережье Белого моря.



План дома-двора Э. Н. Мартын. Руководитель научного проекта д. культ. А. В. Пермиловская. Научная информация А. А. Усова. Обмеры А. А. Усова, Т. В. Жигальцовой. Камеральная обработка арх. Н. А. Подобиной, 2018

Рис. 1 — Дом-двор Э. Н. Мартын, боковой фасад, с. Ворзогоры, д. Кондратьевская, Онежский район, сер. XIX в. Фото А. Усова, 2018;

На одну постройку их обычно приходится от 4 (под углы сруба) до 8 (под дополнительные перерубы). На главном фасаде располагается по 3 окна для 1 и 2 этажей. В целом для домов с. Ворзогоры характерно от 3 до 6 окон. Старинные косячатые окна не сохранились, богато декорированные наличники и очелья отсутствуют. У большинства домов устроено поземное крыльцо «прирубом», т.е. на уровне земли без выделения декором. Ведущие в сени лестницы скрыты в глухой клети. Вход в дом Э.Н. Мартын располагается на уровне второго этажа, однако ведет туда простая деревянная лестница из досок. Крыша двускатная, покрыта шифером по старому тесу. Причелины не декорированы. Жилая часть рублена «в обло», обшита досками, но не окрашена. Нижняя часть двора (хозяйственный двор) рублена в лапу, но возможно этот конструктивный прием был применен позже, во время одного из ремонтов. Как и у части других домов, поветь со стороны заднего фасада поддерживается дополнительными столбами. Это позволяет производить ремонт подгнивших венцов хозяйственного двора без необходимости разбирать постройку целиком. Здесь мы также можем зафиксировать тип рубки «в обло» с интересной особенностью. Для рубки хозяйственной части (повети) использовалось не целое бревно, а половина. Взвоз у дома Э.Н. Мартын отсутствует. Единственный целый, но искусственно-зауженный взвоз остался в д. Яковлевская у дома Галины Андреевны Гуниной (сер. XIX века) [10]. Место крестьянского жилища в культурном ландшафте с. Ворзогоры зависит от пространственной организации деревень. Так д. Яковлевская расположена на отлогой части мыса, дома поставлены в соответствии с «рядовой» планировкой. Главные фасады жилищ по центральной улице обращены на исторический почтовый тракт, в других случаях – на воду (болото). В д. Кондратьевская традиционная ориентация избы была продиктована дополнительными факторами. Крестьяне здесь учитывали небольшие перепады высот и ненадежную песчаную почву. Избы на берегу моря ориентированы фасадами точно на юг, на солнечную сторону. В то же время, хозяйственные части удачно исполняют роль буфера, защищающего жилье от холодного морского ветра с севера.

Особую роль в ориентации жилищ д. Кондратьевская играет наличие сакрального центра – архитектурного ансамбля-тройника, который представлен Никольской церковью 1636 года, Введенской церковью 1793 года и колокольной 1862 года [9]. Наличие культовых сооружений вынудило плотников ставить дом в соответствии с религиозно-эстетической доминантой поселения. Специфично расположение тройника – с южного края деревни на холме. Строить дом у основания холма не рационально из-за естественного скопления осадков: дождя летом и снежных заносов зимой. Жилища с северной и западной стороны тройника удачно расположены относительно хода солнца. Но устанавливая жилище с восточной стороны от храмов, плотник был вынужден адаптировать постройку в соответствии со специфическим выбором: пожертвовать хорошей освещенностью или красивым видом. Отметим, что ориентация окон главного фасада на архитектурный ансамбль является преобладающей для всех жилищ, расположенных в центре деревни, вокруг храмов. Однако, постройки с краю деревни ставились исходя из природно-климатических соображений [10].

Таким образом, традиционный крестьянский дом занимает особое место в культурном ландшафте Онежского Поморья. С одной стороны, северорусское жилище – это массивная, внешне монолитная постройка, доминирующая над окружающим природным пространством. Комплекс дома-двора создает образ крепкого крестьянского хозяйства на Русском Севере. С другой стороны – это способ освоения мира, преобразования окружающей среды в среду обитания. Архитектурно-конструктивные и планировочные особенности жилища выступают в роли механизма адаптации человека к суровым условиям Севера и Арктики.

Крестьянский дом с. Ворзогоры – типичный образец традиционной северорусской архитектуры. Его основная отличительная черта – сдержанность в

декоре. Аскетичный, но монументальный, комплекс дома-двора производит впечатление защищенности от низких температур, ветров и осадков. Расположение с. Ворзогоры на песчаном мысе Белого моря, вдали от рек, в окружении лесов и болот лишь усиливает этот эффект. Подобный синтез поморского жилища, специфической пространственной организации поселения, субарктического климата и северного пейзажа формирует уникальный культурный ландшафт Онежского Поморья.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта Министерства образования и науки Архангельской области (№ 17-2019-02а) «Традиционное крестьянское жилище как способ адаптации к природным условиям Европейского (Русского) Севера и Арктики»*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пермиловская А.Б. Культурные смыслы народной архитектуры Русского Севера: науч. моногр. Екатеринбург: УрО РАН; Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера»; Ярославль: ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 2013. 608 с., 744 ил.
2. Калуцков В. Н. Основы этнокультурного ландшафтоведения. М.: МГУ, 2000. 94 С.
3. Souch C. The Influence of Climate Building Design and Materials // Habitat: Vernacular Architecture for a Changing Planet. London: Thames & Hudson, 2017. P. 28
4. Бернштам Т.А. Поморы. Формирование группы и система хозяйства. Ленинград "Наука", Ленинградское отд-ние, 1978. 173 с.
5. Пермиловская А.Б. Культурное пространство Русский Арктики // Ярославский педагогический вестник : научный журнал. Ярославль: РИО ЯГПУ. 2015. № 3. С. 362-365.
6. Ополовников А.В. Русское деревянное зодчество: Гражданское зодчество: северная деревня, двор-комплекс, приусадебные постройки и мосты, промысловые постройки, архитектурные детали и фрагменты. М.: «Искусство», 1983. 287 с.
7. Маковецкий И. В. Архитектура русского народного жилища. Север и Верхнее Поволжье. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 338 с.
8. Пермиловская А.Б. Крестьянский дом в культуре Русского Севера. Архангельск: Правда Севера, 2005. 312 с.
9. Жигальцова Т.В. Село Ворзогоры – историческое поселение Онежского Поморья, Арктической зоны РФ // Человек и культура. 2018. №5.С. 21-31
10. ПМА. Усов А.А. Отчет об экспедиции в с. Ворзогоры, Онежский район, 2018.

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА НАРЕЧЕНИЯ ИМЕНИ У НАРОДОВ СЕВЕРА

*Т.М. Юдина*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, tatyana.y.tanya@mail.ru

В статье представлены результаты исследования сущности обряда наречения имени у народов Севера (энцев, чукчей, нганасанов). Рассмотрены процессы наречения имени человеку, выявлены тематические группы имен по признакам номинации, отражены исторический, психологический аспекты проблемы именованья и их функции.

**Актуальность** данных исследований определяется необходимостью изучения антропонимов как одного из разрядов ономастической лексики - направления, ориентированного на изучение ценностей социума Севера. Мы рекомендуем привлекать антропонимические сведения на факультативах и во внеклассной работе в школе, что способствует историко - патриотическому воспитанию детей.

**Материалом** для исследования послужили опубликованные источники имен у народов Севера (энцев, чукчей, нганасанов, ненцев).

**Энцы** – коренное население Таймырского автономного округа. В этногенезе энцев приняли участие местное население, охотники на северного оленя, и самодийцы – пришельцы из Южной Сибири и Среднего Притомья. Занимались охотой и рыболовством. До XVIII века у энцев существовали роды, с конца XIX века – соседские общины – стойбища. Чукчи расселены по побережью Ледовитого океана. «Разделяются на оленных – кочующих, наиболее самостоятельных, и сидячих – живущих по берегам, занимающихся рыболовством и боем морских зверей и торгующих с оленьими чукчами, американскими китоловами и с эскимосами. Язык чукчей соотносится скорее с американским» [1, с.157]. Нганасаны – народ в России, живущий в Таймырском автономном округе Красноярского края РФ. Общая численность 1278 человек. Нганасаны сформировались в 1-м тыс. н. э. в процессе продвижения на Таймыр самодийских этнических компонентов, ассимилировавших аборигенов. Основное традиционное занятие – охота на дикого оленя, водоплавающую дичь. Традиционные верования – анимизм, промысловый культ, шаманизм, культ матерей природы.

На примере этих народов хорошо изучен исторический аспект обряда наречения, позволяющий охарактеризовать структуру процесса наречения имени. Мы опираемся на анализ исследований ученых Академии наук СССР о системе личных имён у народов мира: А.Н. Жуковой - об этимологии имён чукчей [3], С.В. Соколова – о именах энцев [2], А.Н. Жуковой - об этимологии имён чукчей [3], Н.М. Терещенко - о личных именах у нганасанов [4].

На Севере большинство обрядов, традиций передавались из поколения в поколение, это позволило им сохраниться в исконном виде. Обряд наречения имени этих народов в основном сохранился в первоначальном варианте в большинстве мест, что подтверждается авторами перечисленных исследований.

#### **Специфика наречения имени у энцев.**

Вопросы энецкой антропонимики изучены ещё далеко недостаточно. В работе С.В. Соколова «О древних именах энцев» [2] мы наблюдаем попытку проанализировать некоторые стороны вопроса, то, что собственные имена энцев непосредственно связаны с названиями птиц и животных, явлений природы: например: *Зора* от зор «дождь», *Лымайт* и *Лымаиш* от лымы «снег», *Вожья* от вож «зелень». Такие имена знакомили ребёнка с природой, различными явлениями, происходящими в ней, развивали наблюдательность.

Существовала группа имён, связанных с процессом работы: *Герей* от геры «плуг», *Сезяй* от сези «овёс», *Уса* от усы «борона». Эти имена знакомили ребёнка с бытом семьи, приобщали к труду. Выбор имени обоснован местом, временем, особенностями рождения ребёнка. Например, именем *Герей* называли мальчика, родившегося во время пахоты; имя *Культобей* (от «сноп») давали девочке, которая родилась во время скирдования. Если девочка родилась очень полной, то её называли именем *Бодено* - «перепел».

Родители часто называли ребёнка именем, которое шло от названия птиц и животных. К таким именам относятся: *Атас* – «петух», *Баян* – «рысь», *Гондыр* – «медведь», *Копык* – «лось», *Пислэг* – «синица», *Сяла* – «рябчик», *Дыдык* – «голубь» [5, с.110]. Если же рождению сопутствовали страшные крики совы, неясыти, ястреба, то ребёнку давали имя, соответствующее названию этих птиц: *Ыгы* – «сова», *Уйсы* – «неясыть», *Кучиран* – «ястреб». Обычно имя, идущее от названия птиц и животных,

носил целый род, целое семейство: *Кочо выжи* – «род сороки», *Куака выжи* – «род вороны», *Пужей выжи* – «род лося», *Сер выжи* – «род куницы», *Сяла выжи* – «род рябчика» [5, с.110]. Такое *родовое имя* сближало людей, соединяло в одно целое. А дети приобщались через предания к истории рода.

Проанализировав материал, мы выделили следующие функции в процессе наречения имени у энцев:

- образовательную, проявляющуюся в знакомстве детей через значение имени с названиями птиц, животных, явлений природы, бытом семьи;
- воспитательную, которая осуществляется через знакомство с историей своего рода посредством имени;
- развивающую, проявляющуюся в развитии у ребёнка наблюдательности, внимания посредством знакомства через семантику имени с явлениями природы.

#### ***Специфика наречения имени у чукчей***

Именованье сопровождается обрядами. Ритуалы наречения ребёнка именем разнообразны. По свидетельству Н.П. Сокольниковой, врача, прожившего в Анадыре в начале XX в., «на седьмой день после родов «знающая бабушка» шьёт младенцу шапочку, делает маленькую куколку и маленькую деревянную треногу. Затем шапочку с положенной в неё куколкой подвешивают на таган и начинают вслух загадывать имя для новорождённого. Дается то имя, при произнесении которого подвешенное закачается. Для «крестин» приглашается человек с разбором, так как неумелое гадание влечёт за собой дачу несоответствующего имени, а от этого ребёнок умирает» [3, с.44].

А.В. Олсуфьев пишет: «При наречении имени перед неизбежным угощением старшая в юрте женщина выносит немного одного из приготовленных кушаний и бросает по куску далеко от себя во все стороны. После угощения шаманы предсказывали будущность новорождённого и советуют ему дать имя» [3, с. 45].

«Рукопись жития села Макарова» Г.И. Дьячкова содержит следующее сообщение: «Для того, чтобы определить, какое имя дать новорождённому младенцу, чукча ставит сначала маленький треножник, потом берёт волчью или росомашью старую голову, нарочно для того хранимую, вешает её на треног. Перед висящей головой чукча произносит имена окружающих его одушевлённых и неодушевлённых предметов. Если при произнесении одного из названных предметов голова закачается, то тем именем и нарекается младенец» [3, с. 45-46].

Исследователь А.Н. Жукова рассмотрела около 1500 чукотских личных имён [3]. В результате анализа материала установлены семантические группы чукотских имён.

К первой группе относятся имена, отражающие *хозяйственную деятельность*:

а) мужчин, например: *Рыпэл* – «разделяющий тушу»; *Туккы* - *туккэн* – «наконечник гарпуна»; *Каальын* – «имеющий оленей»; б) женщин, например: *Руунэ* – *руук* - «скоблитель шкуры»; *Титины* – «игла»; *Ээк* – «жирник».

Имена, приведённые здесь, встречаются часто. Значения мужских имен этой группы связаны с морским зверобойным промыслом и оленеводством, то есть они отражают основные виды хозяйственной деятельности. Значения женских имен отражают названия всех видов работ, исполнение которых входит в обязанность чукотских женщин.

Вторая группа имён представляет собою *характеристику личных качеств: физических и нравственных*.

а) мужские: *Мэйныльын* – «большой», *Раньяаквыргин* – «прямой», «честный», «открытый», *Бинныгыргын* – «старый»; б) женские: *Омрына* – «крепкая», *Кэлинэвыт* – «разрисованная», «татуированная». Эти имена охватывают такие качества, как сила, выносливость, крепость. Противоположны по значению имена: *Улвынэ* – «неподвижная женщина», *Олвыгыргын* – «неподвижность». Возможно, что эти имена связаны с защитными поверьями и давались с целью обмануть злых духов.

В третью группу входят *личные имена, являющиеся этнонимами*:

а) мужские имена: *Танныа ачек* – «иноплеменник», «каждый, кто не является чукчей», *Айван* – «эскимос»; б) женские имена: *Айванав* – «эскимосская женщина», *Этэннэв* – «чуванка». Характерно, что среди имён данной категории имени «чукча» нет.

Четвёртая группа представляет имена, обозначающие *термины родства* (но они как таковые не осмысливаются).

а) мужские: *Мирго* – миргын – «дед», *Бнээльын* – «старший брат». *Бтлени* – «младший брат»; б) женские: *Бтлынав* – *ытля* – «мать», *Чаке* – *чакыгэт* – «сестра». Имена этой группы мало распространены.

К пятой группе относятся имена, обозначающие *предметы и явления окружающей природы*.

а) мужские: *Нутэк* – «земля», «тундра», *Энмыткын* – «утёс», *Тынэтыгын* – «заря»; б) женские: *Кэргына* – «свет», *Анкавыт* – «море», *Уттынэвыт* – «дерево». Распространены имена *Выквов* (мужское) и *Выквина* (женское) – выквын – «камень». По сообщению В.Г. Богораза, «идея о каменных глыбах, как о человеческих существах, свойственна чукчам. Каменные глыбы, разбросанные по горам, чукчи считали существами в прошлом живыми и впоследствии обращёнными в камень» [3, с. 51-52].

Шестая группа включает *личные имена, связанные с названиями животных*.

а) мужские: *Бттувьы* – «собака», *Коравье* – «домашний олень», *Гатле* – «утка»; б) женские: *Умкэнэвыт* – умка «белый медведь», *Рэквыт* – «важенка». Широко распространены личные имена, производные от *ыттын* – «собака». В условиях жизни чукчей собака имела большое значение. Для береговых чукчей собака была основным средством передвижения. С собакой был связан целый ряд религиозных представлений. Одно из них говорит, что «новопришелец» в царство мёртвых прежде всего должен пройти через особый «собачий мир» [3, с. 53].

Проанализировав специфику наречения имён у чукчей, мы выделили функции:

- образовательную, осуществляется через знакомство ребёнка посредством семантики своего имени с явлениями окружающей природы, с жизнью семьи, с народностями;

- развивающую, которая проявляется в развитии наблюдательности, внимания, посредством знакомства через имя с явлениями природы, животными, растениями.

- воспитательную, осуществляемую через имя знакомство с историей рода.

### ***Специфика наречения имени у нганасанов***

Нганасаны расселены в северных районах Таймырского полуострова. По языку родственны ненцам, но отличаются от них по экономическому укладу, быту, нравам, материальной и духовной культуре. Существует гипотеза, согласно которой эта народность является потомком «осамоедившегося» древнего палеоазиатского населения Северной Азии. Как у других народов северо-восточной Азии, которые не подвергались христианизации, имена людей у нганасанов образуются *средствами нганасановского языка*.

Личные имена нганасанов отражают *особенности внешности, поведения ребёнка, обстоятельств места и времени рождения*. *Аника* – «большой» (ребёнок при рождении был крупным); *Нериптиэ* – «опередил» (рожали две женщины, но у матери Нериптиэ ребёнок родился первым); *Нгамбу* – «сон» (родился ночью, когда все спали); *Нгомбупте* – «больше некуда» (в семье и без неё много девочек). *Курсими* – от причастия хурсиме «вернувшийся» (даётся ребёнку после смерти кого-нибудь из родственников, новорожденный как бы занимает место умершего); *Лопсэкэ* от *лапсэ* «плюлька» (называют младшего ребёнка, после которого детей уже не будет) [4, с.44].

У нганасанов сохраняется первичная антропонимическая система, утраченная большинством народов. Имеются собственные имена, заимствованные *из энецкого языка*, например; *Кати* – «девушка». В качестве собственных имён энецкого происхождения *Акай, Чаре, Хантуй, Боло*. Другие имена *заимствованы из ненецких,*

утратив значение апеллятива, например: *Тазебы*, сравн. ненецкое табедя – «шаман».

Нганасанские мужские и женские имена не имеют морфолого-синтаксических различий. У нганасанов распространены не только национальные имена, но и отчества, построенные по русской модели, которые фигурируют во всех официальных документах: *Барбэ Нечептевич, Курсими Самдюевич, Нгамбу Чутович, Парка Яловна*.

Русские собственные имена у нганасанов получили распространение с 40-х годов XX в.: *Мария* (1943 г.), *Нина*, *Октябрина* (1946 г.), *Валерий* (1948 г.).

Выделим функции имени у нганасанов:

- образовательная - знакомство детей посредством своего имени с предметами быта, явлениями природы;

- воспитательная, которая, во-первых, проявляется в том, что нганасаны часто дают ребёнку имя с прогнозом на будущее, ставя перед ним ряд задач; во-вторых, проявляется в том, что ребёнку присваивается имя предка, положительные качества которого он должен стараться воспитывать в себе;

- развивающая, через развитие наблюдения природы.

Таким образом, выбор имени для ребёнка у народов Севера носит неслучайный характер. Он обоснован событиями семейной жизни, которые сопутствовали рождению ребёнка или местом, временем, условиями рождения. Процесс наречения имени у чукчей носит обрядовый характер.

Проанализировав процесс наречения имени у народов Севера, мы выделили основные и составляющие их функции:

1) Образовательная: функция *знакомства ребёнка с бытом семьи* и предметами быта через семантику имени (характерна для всех); функция *знакомства с различными видами работ и знакомства с явлениями природы* через семантику имени (характерна для всех); функция *знакомства с историей рода* через присвоение ребёнку имени предков (характерна для всех); функция *знакомства с народами, проживающими на соседних территориях* через семантику имени (характерна для чукчей);

2) Развивающая: функция *развития наблюдения и внимания, осуществляемая посредством знакомства ребёнка* через семантику имени с явлениями природы (характерна для всех);

3) Воспитательная: функция *воспитания положительных качеств*, которые изначально закладываются в семантику имени ребёнка (характерна для чукчей, нганасанов); функция *приобщения ребёнка к труду* через знакомство с различными видами работ (мужскими и женскими) посредством имени (характерна для энцев, чукчей); функция *воспитания в ребёнке положительных качеств*, присущих его предку, осуществляемая через присвоение ему имени предка (характерна для всех); функция *воспитания уважительного отношения к старшим*, осуществляемая через ограничение употребления их имён (характерна для нганасанов); функция *воспитания в ребёнке положительных качеств личности* через присвоение ему имени с прогнозом на будущее (характерно для нганасанов).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энциклопедический словарь.- С-Пб., 1898
2. Соколов С.В. О древних именах энцев / Ономастика. – М.: «Наука», 1969. 261 с.
3. Жукова А.Н. Этимология некоторых личных имён у чукчей / Этнография имён. – М.: «Наука», 1971. 263 с.
4. Терещенко Н.М. Личные имена у нганасанов / Этнография имён – М.: "Наука", 1971. 263 с.
5. Никонов В.А. Имя и общество. – Москва, 1974.

**МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ АРКТИЧЕСКИХ  
ТЕРРИТОРИЙ**

---

## ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОПЕНИИ НА СОСТОЯНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

*С.Н. Балашова, Л.К. Добродеева*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, ifpa-svetlana@mail.ru

Нейтрофильные гранулоциты периферической крови являются уникальными клетками иммунной системы, участвующими в реализации и регуляции реакций врожденного и адаптивного иммунитета [1]. Они формируют внеклеточное пространство в виде сетеподобных структур (Neutrophil Extracellular Traps, NETs), в которых количество бактерий гораздо больше, чем в самом фагоците. Но фагоцитозом не ограничивается роль нейтрофилов в формировании защитных реакций. По современным представлениям, циркулирующие нейтрофилы не являются «конечно дифференцированными», они способны к трансформации в долгоживущие гранулоциты, обеспечивая поддержание гомеостаза [2]. Нейтрофилы обладают внутрифагосомальной и экстрацеллюлярной дегрануляцией, могут регулировать на аутокринном и паракринном уровнях [3]. Нейтрофильные гранулоциты являются наиболее ранними эффекторными клетками, они выделяют все известные цитокины, способны модулировать функциональную активность моноцитов и лимфоцитов [4].

Этим клеткам отводится роль в противоопухолевой защите [5]. Дефенсины, которые являются катионными белками, проявляют цитотоксические эффекты в отношении опухолевых клеток, активные формы кислорода (АФК) и хлора, а также экзоцитоз азурофильных гранул определяют литический потенциал гранулоцитов [6]. Экспрессия CD40, CD80, CD86 и HLA-DR определяет способность нейтрофилов выступать в роли антигенпрезентирующих клеток для Т-лимфоцитов, что влечет за собой их активацию для реализации противоопухолевой защиты [7]. Тем не менее, в настоящее время нейтрофильные гранулоциты мало изучены, и требуются дополнительные исследования по вопросу влияния содержания и функциональной активности данных клеток на состояние иммунной системы.

### **Методы**

Проведено иммунологическое обследование 323 клинически здоровых человек трудоспособного возраста (20-60 лет). Исследования проведены с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). В периферической венозной крови определяли лейкограмму на гематологическом анализаторе XS-1000i (Sysmex, Япония), фагоцитарную активность нейтрофильных гранулоцитов в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе. Определяли содержание фенотипов лимфоцитов методом непрямой иммунопероксидазной реакции с применением моноклональных антител (НПЦ «МедБио Спектр» и ООО «Сорбент», г. Москва). В сыворотке и плазме периферической крови методом иммуноферментного анализа на автоматическом иммуноферментном анализаторе «Evolis» («Bio-RAD», Франция) определяли концентрацию межклеточной молекулы адгезии sL-селектина, IL-17F, IFN- $\gamma$ , адреналина и норадреналина. Статистический анализ проведен с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0,05.

### **Результаты и обсуждение**

Нейтрофильные гранулоциты мигрируют к очагу патологии на самых ранних стадиях болезни, впрочем, как и при любом другом патологическом процессе нейтрофильные гранулоциты первыми появляются в очаге неблагополучия [1].

Активация миграционных реакций проявляется снижением содержания лейкоцитов, циркулирующих в крови. Нейтропения (количество нейтрофилов  $<2,0 \times 10^9/\text{л}$ ) у обследованных людей в зимний период составляет  $18,27 \pm 0,13\%$ , а дефицит активных фагоцитов –  $34,41 \pm 0,31\%$ , который в  $38,71 \pm 1,99\%$  случаев совпадает с низким содержанием данных клеток. При нейтропении отмечается снижение содержания в крови моноцитов, эозинофилов и лимфоцитов (соответственно на  $36,78$ ,  $36,36$  и  $23,19\%$ ). В данной группе уменьшение содержания эозинофилов сопровождается более низкой концентрацией в крови IgE ( $50,14 \pm 12,11$  против  $109,42 \pm 15,61$  МЕ/мл). Нейтропения ассоциируется со снижением содержания натуральных киллеров (CD16<sup>+</sup>) на  $18,30\%$ , активированных Т-клеток с рецептором к интерлейкину-2 (CD25<sup>+</sup>) на  $29,25\%$ , к главному комплексу гистосовместимости класса II (HLADRII<sup>+</sup>) на  $33,27\%$  и к трансферрину (CD71<sup>+</sup>) на  $27,39\%$ . В случаях сочетания нейтропении с дефицитом фагоцитоза эти реакции более выражены. Так, концентрации в крови CD16<sup>+</sup> падают на  $40,04\%$ , а активированных Т-клеток на  $41,51$ ,  $49,34$  и  $43,57\%$  соответственно. Можно предполагать, что дефицит активности фагоцитов индуцирует повышение миграционной способности лейкоцитов в ткани. Сигналом для активизации миграционных процессов в физиологических условиях могут быть фактически любые признаки тканевого неблагополучия, которые распространены на севере (изменение кислотно-щелочного баланса, тканевая гипоксия, накопление кислых продуктов метаболизма), требующие повышения активности фагоцитоза, презентации антигена или антителозависимой цитотоксичности. Наличие нейтропении в данных обстоятельствах, вероятно, можно считать критерием напряжения механизмов сохранения постоянства внеклеточной среды.

Снижение содержания нейтрофильных гранулоцитов в периферической крови может быть результатом перераспределения из циркулирующего в маргинальный пул клеток в связи с повышенной необходимостью фагоцитарной защиты и иммунологического надзора в тканях. В механизмах перераспределения маргинального и циркулирующего пулов лейкоцитов участвуют вазомоторные амины, в том числе катехоламины, амины серотониновой группы и кортизол [8, 9]. Ранее нами было установлено, что нейтропения ассоциирована с повышением концентрации в крови интерферона- $\gamma$  и IL-17F, а также катехоламинов (норадреналина, адреналина) на фоне снижения процента активных фагоцитов [10, 11]. IL-17 стимулирует нейтрофильную инфильтрацию, в первую очередь активируя миграционную способность [12]. IFN- $\gamma$  повышает эффективность антителозависимой цитотоксичности нейтрофилов и эозинофилов через экспрессию высокоаффинных генов Fc $\gamma$ R (CD64) [13].

Свободные формы рецепторов, в том числе и молекул адгезии, способны взаимодействовать с мембранными лигандами, блокировать клеточные контакты, подавлять миграцию и рециркуляцию клеток, ограничивая тем самым уровни межклеточного взаимодействия в иммунном ответе [14]. При нейтропении концентрация свободной межклеточной молекулы sL-селектина ниже, чем при физиологическом уровне содержания нейтрофильных гранулоцитов ( $5,21 \pm 0,63$  против  $8,98 \pm 0,86$  нг/мл). Известно, что sL-селектин действует как межклеточная сигнальная молекула, способная активировать другие молекулы адгезии – интегрины, пептиды суперсемейства иммуноглобулинов, играет ведущую роль в осуществлении быстрых и эффективных иммунных ответов, опосредуя взаимодействия лейкоцитов с сосудистым эндотелием [15].

Итак, нейтропения у практически здоровых северян ассоциирована с повышенной миграционной активностью клеток в ткани, в которой задействованы катехоламины, цитокины (IL-17F и IFN- $\gamma$ ) и активизацией процессов миграции

нейтрофилов в ткани, о чем свидетельствует снижение содержания sL-селектина. Таким образом, при нейтропении ниже фагоцитарная активность нейтрофилов, содержание моноцитов, натуральных киллеров и активированных Т-клеток.

*Исследование проведено в ходе выполнения госзадания по теме «Роль внеклеточного пула молекул адгезии и коротких пептидов в формировании и исходе адаптивных реакций человека на изменение светового режима» (№ АААА-А17-117033010123-0).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pretswich R.J., Errington F., Hatfield P. et al. The immune system – is it relevant to cancer development, progression and treatment // Clin. Oncol. 2008. Vol. 20. P. 101-112.
2. Нестерова И.В. Роль нейтрофильных гранулоцитов в реализации врожденного и адаптивного иммунитета / Материалы XXI Съезда физиологического общества им. И.П. Павлова. М., 2010. С. 435-436.
3. Nathan C. Neutrophils and immunity: challenges and opportunities // Nature Rev. Immunol. 2006. Vol. 6. P.173-182.
4. Cascao R., Rosario H.S., Fonseca J.E. Neutrophils: warriors and commanders in immune mediated inflammatory diseases // Acta Reumatol. Port. 2009. Vol. 34. N. 2B. P. 313-326.
5. Dallegri F., Ottonello L., Ballesterro A. et al. Tumor cell lysis by activated human neutrophils // J. Inflamm. 1991. Vol. 1. N. 15. P. 15-30.
6. Ottonello L., Esptein A.L., Mancini M. et al. Monoclonal Lym-1 antibody-dependent cytotoxicity by human neutrophils exposed to GM-CSF: auto-regulation of target cell attack by cathepsin G // J. Leukoc. Biol. 2004. Vol. 75. N. 1. P. 99-105.
7. Gavin P., Sandilands Zubir A., Perry N. Young cross-linking of neutrophil CD11b results in rapid cell surface expression of molecules required for antigen presentation and T-cell activation // Immunology. 2005. Vol. 114. N. 3. P. 354-368.
8. Алмазов В.А., Афанасьев Б.В., Зарицкий А.Ю., Шишков А.Л. Лейкопении. Л.: Медицина, 1981. 240 с.
9. Miyata R. Iwabuchi K., Watanabe S. et al. Short exposure of intestinal epithelial cells to TNF-alpha and histamine induces Mac-1-mediated neutrophil adhesion independent of protein synthesis // J. Leukoc. Biol. 1999. Vol. 66. P. 437-446.
10. Балашова С.Н., Добродеева Л.К. Формирование нейтропении как следствие активации миграции нейтрофилов у практически здоровых людей, проживающих на Севере // Экология человека. 2018. № 8. С. 41-45.
11. Балашова С.Н. Механизм формирования нейтропении у жителей Арктического региона / Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию: материалы I международной молодежной научно-практической конференции. Архангельск: САФУ, 2018. С. 149-152.
12. Fagli L.K., Sundrud M.S., Goel S. et al. T-cell-derived IL-17 mediates epithelial changes in the airway and drives pulmonary neutrophilia // J. Immunol. 2013. Vol. 191 (6). P. 3100-3111.
13. Huizinga T.W., van der Schoot C.E., Roos D., Weening R.S. Induction of neutrophil Fc-gamma receptor I expression can be used as a marker for biological activity of recombinant interferon-gamma in vivo // Blood. 1991. Vol. 77. P. 2088-2090.
14. Новиков В.В., Караулов А.В., Барышников А.Ю. Растворимые формы мембранных белков клеток иммунной системы. М., 2008. 256 с.

15. Seidelin G.B., Vainer B., Horn T., Neilsen O.N. Circulating L-selectin levels and enthelial CD 34 Expression in Inflammatory Bowel Disease // J. Of Gastroenterology. 2009. Vol. 10. P. 1854-1859.

## **ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*П.П. Баттахов<sup>1</sup>, У.М. Лебедева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт государства и права РАН», г. Москва, battakhov@mail.ru

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск

Общественное питание, разновидность которого составляет социальное питание, определяется в нормативном материале как самостоятельная отрасль экономики, состоящая из предприятий различных форм собственности и организационно-управленческой структуры, организующая питание населения, а также производство и реализацию готовой продукции и полуфабрикатов, как на предприятии общественного питания, так и вне его. Закон относит питание к числу социальных факторов среды обитания человека, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений [1].

Правовое регулирование социального питания берет свое начало в Конституции Российской Федерации, где указано, что Россия – социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека.

В Российской Федерации в соответствии с Основным законом охраняются труд и здоровье людей, устанавливается гарантированный минимальный размер оплаты труда, обеспечивается государственная поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан, развивается система социальных служб, устанавливаются государственные пенсии, пособия и иные гарантии социальной защиты (статья 7).

К данной категории гарантий и относится организация социального питания. Его нормативно-правовое регулирование не имеет под собой единой законодательной основы, однако относящиеся к нему правила можно встретить в ряде законодательных актов федерального уровня.

Так, в статье 28 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» [2] создание необходимых условий для организации питания обучающихся и работников образовательной организации отнесено к компетенции, правам, обязанностям и ответственности образовательной организации.

Здесь, таким образом, прямо указан круг субъектов, который отвечает за качество питания и любые нарушения, связанные с его организацией.

Равным образом, органы государственной власти субъектов РФ реализуют правовое регулирование и организуют социальное обслуживание; исполняют координацию деятельности поставщиков социальных услуг, общественных и иных организаций, реализующих деятельность в сфере социального обслуживания в субъекте Российской Федерации. Следовательно, правовое регулирование социального питания имеет непосредственное отношение к совместному ведению Российской Федерации и входящих в ее состав субъектов, но если определяются лишь основы правового регулирования соответствующих отношений в актах федерального уровня, как правило, то отведенные регионы фиксируют самостоятельно конкретную регламентацию в пределах, отведенных для них федеральным центром.

Ввиду того, что социальное питание приурочивается к числу важных социальных гарантий, законы, которые регламентируются о нем следовало бы установить в каждом регионе Российской Федерации, в частности, в Республике Саха (Якутия), где по сей день подобный нормативный акт отсутствует.

Активное участие в развитии социального питания в стране принимает государство. Социальное питание представляет достаточно сложную социально-экономическую систему, являющийся разновидностью общественного питания. Социальное питание предназначено для отдельных категорий граждан для удовлетворения соответствующих потребностей, за счет средств бюджета или иных предусмотренных законом источников. Сферу действия Закона составит территория Республики Саха (Якутия), а его предмет должен включать три группы правоотношений: бюджетные, служащие основой финансирования социального питания; предпринимательско-правовые, связанные с размещением государственных заказов по обеспечению социального питания, и гражданско-правовые, возникающие между учреждениями, о которых говорилось выше, и гражданами, потребителями услуг по социальному питанию. Значительным стратегическим элементом содержания Закона являются его цели и задачи, следуя им, впоследствии можно вынести вердикт об эффективности его действия. Если под целью понимать реализацию социальных гарантий, предусмотренных законом, которые приписаны исходя от интересов отдельных категорий граждан, то предусмотренные задачи должны быть сведены к формированию организационно-правового механизма, способного осуществить данную цель. В Законе о социальном питании необходимо определить государственный орган, обязанный осуществлять надзор и контроль качества и безопасности пищевых продуктов, используемых при оказании услуги социального питания и предусмотреть его полномочия, в т.ч. закрепленные в федеральном законодательстве. Также, роль государственного заказчика не должна иметь ущемлений проведением на основе конкурсных процедур и заключением государственного контракта, а за ним следует зафиксировать систематические обязанности проверкам качества работы исполнителей, состоянием их технической базы и др.

Итак, в России, так и за рубежом при разборе вопросов социального питания преобладающее внимание выделяется его свойствам, порядку применения, но не юридическо-правовой стороне проблемы. Однако, именно правовое обеспечение данного типа питания в виде отдельного закона регионального уровня позволит развить и сконструировать на новый организационный уровень.

Социальное питание, обращенное к широкому кругу граждан-получателей, следует признать одной из ключевых социальных гарантий, вытекающей из Конституции РФ; правовое регулирование организации социального питания, других его сторон в настоящее время рассредоточено по ряду нормативных актов федерального и регионального уровня [3], что делает пользование им неудобным и снижает качество такого регулирования; решением проблемы повышения эффективности правового регулирования социального питания может стать принятие на региональном уровне соответствующих законов, конкретизирующих нормы о таком питании федерального законодательства, устраняющие имеющиеся пробелы и учитывающие местную специфику; в статье сформулирован ряд предложений по содержанию такого закона в условиях Республики Саха (Якутия).

*Исследование проведено в ходе выполнения государственных заданий Минобрнауки России №17.6344.2017/БЧ и научного проекта РФФИ №17-21-08001.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2017 г.). Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
2. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «» (в ред. от 07.03.2018 г.). Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
3. Баттахов П.П. Обеспечение населения социальным питанием в субъектах РФ: Правовые аспекты / Colloquium-journal №4 (28), 2019. С.24.

## СОДЕРЖАНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА

Д.С. Галстян<sup>1</sup>, Ф.А. Бичкаева<sup>1</sup>, А.А. Лобанов<sup>2</sup>, Н.Ф. Баранова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный иссл

едовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова Российской академии наук, г. Архангельск, david\_sam@mail.ru

<sup>2</sup>ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Надым.

**Введение.**  $\omega$ -3 полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), также как и  $\omega$ -6 ПНЖК, являются структурными компонентами фосфолипидов, входящими в состав клеточных мембран. Известно, что увеличение уровня  $\omega$ -3 жирных кислот (ЖК) на фоне снижения  $\omega$ -6 ЖК приводило к улучшению чувствительности мембран клеток к инсулину [1], а также оказывал благоприятное влияние на метаболизм липидов [2]. Также другие исследования указывают на взаимосвязь между  $\omega$ -3 с низкими уровнями глюкозы [3]. Вместе с тем на состав жирных кислот немаловажную роль играют гендерные особенности. Так исследования на людях выявили, что мужчины и женщины, по-видимому, различаются по своей способности синтезировать эйкозапентаеновую и докозагексаеновую кислоты из альфа-линоленовой кислоты [4]. В ранее проведенных исследованиях было показано, что у женщин более высокие концентрации циркулирующей докозагексаеновой кислоты по сравнению с мужчинами и что это различие не зависит от потребления пищи [5, 6]. Многие исследователи связывают данный факт с действием половых гормонов. Так в одном исследовании обнаружено, что концентрации длинноцепочечных  $\omega$ -3 ПНЖК в плазме и тканях крыс положительно связаны с циркулирующими концентрациями эстрадиола и прогестерона и отрицательно связаны с циркулирующими концентрациями тестостерона. Эти данные свидетельствуют о том, что половые гормоны действуют на изменения содержания  $\omega$ -3 ПНЖК в плазме и тканях, возможно, путем изменения экспрессии ферментов десатуразы и элонгазы в печени [4]. Как показывают предыдущие исследования на территории крайнего Севера у мужчин более высокое значение индекса тестостерон/эстрадиол, по сравнению с жителями города Архангельска (ПР) [7]. Также в наших исследованиях было выявлено, что у жителей арктического региона содержание эссенциальных ПНЖК выше, чем у жителей ПР [8], однако влияние гендерных особенностей на содержание данных кислот остается недостаточно изученным. Цель исследования: определить содержание эссенциальных ПНЖК у жителей арктических и приарктических территорий.

**Материалы и методы.**

Обследовано 463 практически здоровых мужчин и женщин в возрасте от 22 до 35 лет, постоянно проживающих на Севере. Все обследуемые, в зависимости от региона проживания, были поделены на 2 группы: Арктический регион (АР) - Ненецкий автономный округ (п. Нельмин-Нос, п. Несь), в Мезейский район Архангельской области (п. Совполье, п. Соянское, п. Долгощелье) и Ямало-Ненецкий автономный округ (г. Надым, с. Ныда, с. Нори, с. Сеяха, п. Тазовский, с. Гыда, с. Газ-Сале, с. Антипаюта, п. Толька, п. Красносельку), (173-женщины, 92 мужчины), а также приарктический регион (ПР) – г. Архангельск, п. Пинега (118 женщины, 80-мужчины). Из обследования исключены лица, состоявшие на диспансерном учете у эндокринолога, имеющие в анамнезе заболевания сердечно-сосудистой системы и сахарный диабет. Все обследуемые прошли анкетирование, включающие вопросы: возраст, рост, вес, артериальное давление, вредные привычки (курение, алкоголь), фактическое питание, а также физикальный осмотр врачом, на основании заключения которого делался вывод о состоянии здоровья испытуемых. Забор крови осуществлялся натошак из локтевой вены (с 8.00 до 10.00 часов) в вакутайнеры «BecktonDickinsonBP». Исследование проводилось с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2000). В сыворотке крови определяли уровни  $\omega$ -3 ПНЖК (альфа-линоленовая (C18:3n3), эйкозапентаеновая (C20:5n3), докозагексаеновая (C22:6n3)) и  $\omega$ -6 ПНЖК (линолевая (C18:2n6c), арахидоновая (C20:4n6)) методом газожидкостной хроматографии с предварительной экстракцией липидов из сыворотки крови и последующим получением метиловых эфиров ЖК в соответствии с методикой, разработанной в лаборатории биологической и неорганической химии [9]. Анализ метиловых производных ЖК проводили на газовом хроматографе Agilent 7890A (пламенно-ионизационный детектор, капиллярная колонка «Agilent DB-23» 60\*0.25\*0.15) в режиме программирования температуры и скорости газа носителя азота. Идентификацию ПНЖК осуществляли с использованием стандартов «Supelco 37 FAME C4-C24» (USA) и GLS-569B (Nu-Chek-Prep., INC, USA). Количественный расчет ПНЖК проводили методом внутреннего стандарта (нонадекановая кислота) в программе «Agilent Chem Station B.03.01» (USA). Статистическую обработку полученных результатов по содержанию  $\omega$ -3 ПНЖК и параметров углеводного обмена у практически здоровых жителей Приарктического и Арктического регионов Севера в возрастном аспекте проводили с помощью пакета прикладных программ SPSS 22.0 [10]. Поскольку для большинства показателей не наблюдалось нормального распределения значений, для статистического анализа были использованы непараметрические методы. Данные описаны медианой, а также 25 и 75 перцентиллями. Статистическую значимость различий между выборками определяли с помощью U-критерия Манна- Уитни. Пороговое значение уровня значимости считали равным 0,05, а тенденцией значения более 0,05 и менее 0,1.

#### ***Результаты и обсуждение.***

В АР не были отмечены гендерные различия между ЖК, в ПР у мужского населения было выше содержание альфа-линоленовой ( $p=0,013$ ), чем у женщин, а содержание эйкозапентаеновой ( $p=0,056$ ),  $\sum\omega$ 3 ПНЖК ( $p=0,053$ ) был выше на уровне статистической тенденции (табл.1). Анализ ПНЖК в зависимости от региона проживания показал следующие значения. У женского населения АР были статистически значимо высокие значения в содержании арахидоновой ( $p=0,006$ ), альфа-линоленовой ( $p>0.001$ ), эйкозапентаеновой ( $p>0.001$ ), докозагексаеновой ( $p=0,024$ ), а также  $\sum\omega$ 3 ПНЖК ( $p>0.001$ ) по сравнению с ПР. Подобные результаты, возможно, являются следствием особых эндокринно-метаболических особенностей у женщин

арктического региона, характеризующиеся повышенным содержанием эстрадиола [11]. Мужское население АР характеризовалось статистически значимо высокими значениями по сравнению с мужчинами ПР только в содержании эйкозапентаеновой кислоты ( $p > 0,001$ ) и  $\sum\omega 3$  ПНЖК ( $p = 0,009$ ). Во всех остальных кислотах либо не были зафиксированы статистически значимые различия между регионами, либо как с альфа-линоленовой ( $p = 0,054$ ) и арахидоновой кислотой ( $p = 0,081$ ) было выше, чем в ПР на уровне статистической тенденции (табл.1). Результаты исследования, что у мужского населения региональные различия в содержании рассматриваемых кислот выявлены в меньшей степени, чем у женщин, что в свою очередь также может указывать на взаимосвязь половых гормонов и ПНЖК.

Таблица 1-содержание ПНЖК у мужчин и у женщин в зависимости от региона проживания

Показатели	Группы							p (АР-ПР)
	пол	АР			ПР			
		N	Me	p	N	Me	p	
C18:2n6c	Ж	173	643,42	0,648	118	646,82	0,731	0,771
	М	92	653,25		80	628,00		0,268
C18:3n3	Ж	173	4,68	0,710	118	3,14	0,013	0,000
	М	92	4,70		80	3,96		0,054
C20:4n6	Ж	173	85,56	0,736	118	57,97	0,300	0,006
	М	91	78,09		80	62,97		0,081
C20:5n3	Ж	172	14,25	0,526	115	6,07	0,056	0,000
	М	92	14,93		80	8,12		0,000
C22:6n3	Ж	173	34,55	0,358	118	19,20	0,186	0,024
	М	92	28,47		80	24,21		0,693
$\sum\omega 3$	Ж	173	68,80	0,548	118	33,41	0,053	0,000
	М	92	60,70		80	40,62		0,009
$\sum\omega 6$	Ж	173	761,37	0,661	118	739,70	0,822	0,571
	М	92	762,13		80	726,49		0,199

Обозначения: N-количество обследуемых, Me -медианные значения показателей, p – уровень значимости различий, p (АР-ПР)-статистические различия между регионами; М, Ж -мужчины и женщины

### Выводы

- В арктическом регионе статистически значимых различий в содержании омега-3 и омега-6 ЖК между женщинами и мужчинами не установлено. В приарктическом регионе у мужчин по сравнению с женщинами статистически значимо выше уровень альфа-линоленовой кислоты, а содержание эйкозапентаеновой и  $\sum\omega 3$  ЖК имели тенденцию к повышению.

- У мужчин и женщин в арктическом регионе содержание эйкозапентаеновой кислоты и  $\sum\omega 3$  ЖК статистически значимо выше, а уровень альфа-линоленовой, докозагексаеновой и арахидоновой кислот статистически значимо выше только у женского населения. Однако у мужского населения арктического региона, по сравнению с мужчинами приарктического региона содержание арахидоновой и альфа-линоленовой были выше на уровень статистической тенденции.

*Исследование проведено в ходе выполнения ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН (№ АААА-А15-115122810187-7).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ebbesson S.O., Risica P.M., Ebbesson L.O. et al. Omega-3 fatty acids improve glucose tolerance and components of the metabolic syndrome in Alaska Eskimos: the Alaska Siberia project//Int. J Circumpolar Health. 2005. Vol. 64, № 4. P. 396-408
2. Lu J., et al. Chronic dietary n-3 PUFA intervention improves dyslipidaemia and subsequent cardiovascular complications in the JCR: LA- cp rat model of the metabolic syndrome// British Journal of Nutrition. 2011. №105. P. 1572-1582.
3. F. Proust, O. Drescher, E.A. Laouan-Sidi et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acid profiles and relationship with cardio metabolic risk factors in Cree (Eeyouch) of Northern Québec // Int. J. Circumpolar Health. 2016. Vol. 75. P. 303-61.
4. Caroline E. Childs, Meritxell Romeu-Nada, Graham C. Burdge and Philip C. Calder. Gender differences in the n-3 fatty acid content of tissues // Proceedings of the Nutrition Society. 2008. № 67. С 19–27.
5. Nikkari T., Luukkainen P., Pietinen P. & Puska P. Fatty acid composition of serum lipid fractions in relation to gender and quality of dietary fat // AnnMed 1995. № 27. P. 491–498.
6. Crowe F.L., Skeaff C.M. & Green TJ. Serum n-3 long-chain PUFA differ by sex and age in a population-based survey of New Zealand adolescents and adults // British Journal of Nutrition. 2008. Vol. 99. P. 168-174.
7. Киприянова К.Е., Типисова Е.В., Горенко И.Н.. Эндокринные аспекты репродуктивной функции мужчин 22–35 лет – постоянных жителей Крайнего Севера и г. Архангельска // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 40. С. 150–162.
8. Галстян Д.С. Содержание омега -3 полиненасыщенных жирных кислот у жителей Севера в возрастном аспекте //Сборник: арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию материалы I международной молодежной научно-практической конференции. 2018. С. 169-173.
9. Бичкаева Ф.А., Баранова Н.Ф., Власова О.С., Нестерова Е.В. и др. Методика измерений массовой концентрации метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) в сыворотке крови методом газожидкостной хроматографии. // Реестр методик измерений УрО РАН № 88-16365-001-2019, № ФР.1.31.2019.33742
10. Наследов А.Д. SPSS 15.0 Профессиональный статистический анализ данных //СПб., 2008.
11. Писарева Л.Ф., Одинцова И.Н. и др. Этнические особенности антропометрических показателей гормонального статуса женщин, проживающих в сибирском регионе // Сибирский медицинский журнал. Томск. 2011. С. 222-226.

## СОСТОЯНИЕ ГИПОФИЗАРНО-ГОНАДНОЙ СИСТЕМЫ У ЖЕНЩИН АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

*А.Э. Елфимова, Е.В. Типисова, В.А. Попкова, И.Н. Горенко, Д.С. Потуткин*  
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, a.elfimova86@mail.ru

Репродуктивная система женщин, проживающих в неблагоприятных регионах Европейского и Азиатского Севера России, восприимчива к воздействию экстремальных факторов экологического окружения, что проявляется низкими темпами воспроизводства населения, задержкой полового созревания, увеличением пропорции ановуляторных циклов, значительным количеством патологий беременности и

климактерических осложнений, репродуктивными потерями и преждевременной инволюцией эндокринных желез [1-4]. В настоящее время рост продолжительности жизни и отодвигание сроков наступления пенсионного возраста приводят к увеличению длительности совпадения работоспособного периода и периода нахождения женщины в состоянии дефицита эстрогенов, что крайне негативно сказывается на качестве жизни и на фактической работоспособности [5, 6]. Поэтому вопрос о репродуктивном здоровье женщин-северянок в рамках концепции здорового старения продолжает оставаться актуальным. Особый интерес представляет сравнительная характеристика гормонального профиля женщин, ведущих кочевой или оседлый образ жизни, и местного европеоидного населения.

В связи с вышеизложенным, целью нашего исследования было изучение состояния гипофизарно-гонадной системы у женщин Арктической зоны РФ в зависимости от их физиологического состояния, региона проживания и образа жизни.

#### ***Материалы и методы.***

В ходе нескольких экспедиций было обследовано 198 женщин в возрасте от 21 до 84 лет, проживающих на северных территориях, в том числе 107 женщин Европейского Севера (64°42'–65°46' с.ш., Архангельская область) и 116 женщин Азиатского Севера (65°32'–70°53' с.ш., Ямало-Ненецкий АО). Среди обследованных жительниц Европейского Севера выделены следующие группы: женщины, занимающиеся кочевым оленеводством (22 человека: 14 фертильных и 8 в постменопаузе), и местное европеоидное население (85 человек: 48 фертильных и 37 в постменопаузе). На Азиатском Севере практически все испытуемые относились к коренному населению: женщины, занимающиеся кочевым оленеводством (23 человека: 12 фертильных и 11 в постменопаузе), и оседлое аборигенное население (89 человек: 40 фертильных и 49 в постменопаузе).

Все обследования проводились в период увеличения продолжительности светового дня, с добровольного согласия волонтеров и в соответствии с документом «Этические принципы медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта исследования» (Хельсинская декларация Всемирной медицинской ассоциации 1964 года с изменениями и дополнениями 2008 года). Испытуемые на момент обследования не имели эндокринной патологии, гинекологических заболеваний, обострения хронических заболеваний. Забор крови проводился из локтевой вены в утренние часы натощак. Также осуществлялось анкетирование волонтеров и физикальный осмотр врачом. Методом иммуноферментного и радиоиммунного анализа в сыворотке крови определяли уровни лютеинизирующего (ЛГ), фолликулоstimулирующего гормонов (ФСГ), пролактина, прогестерона, общих и свободных фракций тестостерона, эстрадиола, сексстероидсвязывающего глобулина (СССГ), дегидроэпиандростерон-сульфата (ДГЭА-С). За норму принимались предлагаемые нормативы для коммерческих тест-наборов. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы StatSoft «Statistica»<sup>10</sup>. Результаты исследования представлены в виде медианы и процентильных интервалов (10-й и 90-й процентиля). Достоверность различий оценивали критериями Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ).

#### ***Результаты.***

Анализируя содержание гормонов системы гипофиз–гонады у жительниц Европейского и Азиатского Севера в процессе здорового старения, выявили, что независимо от региона проживания у женщин в постменопаузе статистически значимо, по сравнению с репродуктивным периодом, выше уровни ЛГ и ФСГ и ниже значения пролактина, эстрадиола, ДГЭА-С (Табл. 1).

Однако концентрации прогестерона, общих и свободных фракций тестостерона, которые значимо снижаются у постменопаузальных жительниц Азиатского Севера, у женщин, проживающих на Европейском Севере, сохраняются на высоком уровне.

Кроме того, нами показано, что уровни тестостерона у обследованных женщин на Азиатском Севере статистически значимо ниже, чем на Европейском, в обоих физиологических периодах, а содержание свободного тестостерона ниже в постменопаузе. В то же время значения СССГ, как в репродуктивном, так и в менопаузальном периоде у жительниц Азиатского Севера в два раза выше, чем у жительниц Европейского, и значительная часть показателей выходит за верхнюю границу референтного диапазона. У постменопаузальных женщин, проживающих на Азиатском Севере, более низкий уровень прогестерона и более высокое содержание ФСГ, чем на Европейском Севере.

Таблица 1 – Содержание половых гормонов в сыворотке крови у жительниц Европейского и Азиатского Севера репродуктивного и постменопаузального периодов

Показатель, единицы измерения	Женщины Европейский Север		Женщины Азиатский Север	
	репродуктивный период	постменопауза	репродуктивный период	постменопауза
	Me 10 %; 90 %	Me 10 %; 90 %	Me 10 %; 90 %	Me 10 %; 90 %
N	62	45	56	60
Возраст	41 (28; 48)	54*** (47; 69)	36 (26; 47)	56*** (46,5; 67)
ЛГ, МЕ/л	8,65 (2,80; 31,75)	24,50*** (10,30; 46,90)	5,84 (4,04; 23,01)	21,35*** (12,35; 32,51)
ФСГ, МЕ/л	9,37 (4,38; 21,93)	45,68*** (18,95; 95,93)	5,98 <sup>▲</sup> (3,02; 20,17)	72,49*** <sup>ΔΔ</sup> (32,77; 91,91)
Пролактин, нг/мл	14,17 (5,60; 36,60)	10,22* (5,82; 19,20)	16,55 (7,64; 34,26)	10,96* (7,37; 26,74)
Прогестерон, нмоль/л	5,92 (0,90; 30,40)	4,97 (0,46; 8,22)	5,30 (2,74; 29,30)	3,89*** <sup>Δ</sup> (1,77; 7,44)
Эстрадиол, нмоль/л	0,43 (0,17; 1,21)	0,16*** (0,09; 0,36)	0,40 (0,20; 0,86)	0,15*** (0,09; 0,25)
Тестостерон, нмоль/л	2,10 (1,50; 3,70)	1,92 (1,35; 2,79)	1,22 <sup>▲▲▲</sup> (0,64; 2,28)	0,91*** <sup>ΔΔΔ</sup> (0,47; 1,65)
Тестостерон св., пг/мл	1,52 (0,50; 2,91)	1,17 (0,30; 3,35)	1,11 (0,41; 1,97)	0,67*** <sup>ΔΔ</sup> (0,17; 1,79)
СССГ, нмоль/л	55,51 (40,54; 123,06)	53,43 (29,80; 142,35)	142,15 <sup>▲▲▲</sup> (59,69; 295,24)	102,97 <sup>ΔΔΔ</sup> (49,29; 225,04)
ДГЭА-С, мкмоль/л	5,60 (2,20; 7,21)	3,57** (1,50; 5,89)	5,79 (2,79; 7,58)	4,92** (1,52; 6,65)

Примечания: \* – статистическая значимость различий между уровнями гормонов фертильных и постменопаузальных женщин в пределах своего района проживания;

<sup>▲</sup> – статистическая значимость различий между уровнями гормонов фертильных женщин Европейского и Азиатского Севера;

<sup>Δ</sup> – статистическая значимость различий между уровнями гормонов постменопаузальных женщин Европейского и Азиатского Севера.

Рассматривая уровни гормонов у фертильных женщин-кочевниц и местного европеоидного населения на Европейском Севере, можно выделить значительно более высокое содержание пролактина у кочевых аборигенов, по сравнению с европеоидными женщинами, и тенденцию к более низким значениям эстрадиола (Табл. 2).

Таблица 2 – Содержание половых гормонов в сыворотке крови у жительниц Европейского Севера репродуктивного периода в зависимости от образа жизни

Показатель, ед. измерения	Кочевые аборигены	Местные европеоиды
Пролактин, нг/мл	22,51 (9,20; 49,33) *	12,74 (5,54; 31,43)
Эстрадиол, нмоль/л	0,31 (0,17; 1,21) <sup>†</sup>	0,51 (0,22; 1,13)

В периоде постменопаузы у европеоидных женщин, по сравнению, с кочевыми аборигенами, в данном регионе обнаружены повышенные уровни прогестерона, выходящие за верхнюю границу референтного диапазона (Табл. 3).

Таблица 3 – Содержание половых гормонов в сыворотке крови у жительниц Европейского Севера постменопаузального периода в зависимости от образа жизни

Показатель, ед. измерения	Кочевые аборигены	Местные европеоиды
Прогестерон, нмоль/л	0,96 (0,46; 6,70) **	5,95 (0,40; 10,74)

Исследуемые показатели у кочевых и оседлых жительниц Азиатского Севера статистически значимо не отличались ни в репродуктивном, ни в постменопаузальном периодах.

При рассмотрении гормонального профиля женщин, занятых оленеводством в тундре, в зависимости от региона проживания, выявили, что у фертильных женщин-кочевниц, проживающих на Азиатском Севере ниже уровни тестостерона и выше – СССГ в обоих физиологических периодах, по сравнению с женщинами, кочующими на Европейском Севере, что отражает общие особенности, характерные для жительниц данных регионов (Табл. 4). В то же время, у кочевых женщин Европейского Севера в постменопаузальном периоде содержание прогестерона значительно ниже, чем у кочевых женщин Азиатского Севера, что противоречит общей картине, показанной в табл. 1.

Таблица 4 – Содержание половых гормонов в сыворотке крови у женщин-кочевниц в зависимости от физиологического состояния и региона проживания

Показатель, ед. измерения	Европейский Север	Азиатский Север
<b>РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД</b>		
Тестостерон, нмоль/л	2,61 (1,59; 3,70)	1,94 (0,94; 3,05) <sup>†</sup>
СССГ, нмоль/л	55,21 (47,51; 91,90)	151,73 (64,55; 321,96) **
<b>ПОСТМЕНОПАУЗАЛЬНЫЙ ПЕРИОД</b>		
Прогестерон, нмоль/л	0,96 (0,46; 6,70)	3,96 (1,59; 7,98 **)
Тестостерон, нмоль/л	2,11 (1,46; 2,50)	0,91 (0,43; 1,28) ***
СССГ, нмоль/л	57,52 (35,20; 109,50)	88,04 (66,58; 154,84) *

Как видно из табл. 3, высокие уровни прогестерона у жительниц Европейского Севера обеспечиваются за счет местного европеоидного населения

#### **Обсуждение.**

Исследуемые районы Европейского и Азиатского Севера относятся к территориям Крайнего Севера, однако, в отличие от Европейского Севера территория ЯНАО испытывает значительное влияние арктического воздуха, поступающего со стороны Карского моря, в результате чего континентальный субарктический климат Азиатского Севера значительно холоднее и суше. Кроме того, исследуемые районы Азиатского Севера расположены севернее. Данные факторы в совокупности могут являться причиной гормональных различий у обследуемых групп.

Более ранние исследования указывали на несколько повышенный уровень андрогенизации у представительниц Европейского Севера [3]. В нашей работе

получены схожие результаты, которые проявляются в повышенных уровнях тестостерона у женщин репродуктивного возраста, как кочевых, так и европеоидных. На фоне этого сниженные уровни эстрадиола и высокие значения пролактина у фертильных кочевых аборигенок отражают возможные нарушения репродуктивной функции представительниц данной группы коренного населения. Кроме того, у женщин-кочевниц в постменопаузе выявлено сохранение более высоких уровней тестостерона и сниженное содержание прогестерона в крови, что также является неблагоприятным фактором. В исследовании Волкова В.И. с соавт. показано, что тяжесть симптомов менопаузы зависела, в том числе, от уровня прогестерона [7].

В то же время, выявленные нами сниженные концентрации тестостерона у женщин Азиатского Севера (особенно у женщин-кочевниц в постменопаузе) согласуются с данными Полякова Л.М. с соавт. [8] и также могут являться неблагоприятным фактором для женского здоровья. С возрастом уменьшается плотность андрогеновых рецепторов в тканях-мишенях на фоне одновременного увеличения СССГ, что приводит к уменьшению фракции свободного (биодоступного) тестостерона и развитию дефицита тестостерона в период постменопаузы. Известно, что дефицит андрогенов у женщин характеризуется плохим самочувствием, депрессией, снижением мышечной массы и длительной беспричинной усталостью, часто сопряжен с низкими значениями общего и свободного тестостерона при нормальном уровне эстрогенов [9; 10].

Таким образом, нами выявлены различия гормонального фона у жительниц Европейского и Азиатского Севера, которые могут быть связаны с климатическими особенностями исследуемых регионов и образом жизни обследуемых женщин.

*Исследование проведено в ходе выполнения ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН по теме «Выяснение модулирующего влияния содержания катехоламинов в крови на гормональный профиль у человека и гидробионтов Европейского Севера» (номер гос. регистрации АААА-А15-115122810188-4). Благодарим сотрудников ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Надым) в лице д-ра мед. наук Лобанова А.А., канд. мед. наук Попова А.И., канд. мед. наук Андропова С.В., Кочкина Р.А. за оказанную помощь в сборе биологического материала на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скосырева Г.А. Влияние природных факторов Азиатского Севера на репродуктивное здоровье женщин: автореф. дис. ... д-ра мед. наук – Новосибирск, 2002. – 38 с.
2. Доршакова Н.В., Карапетян Т.А. Особенности патологии жителей Севера // Экология человека. 2004. № 6. С. 48-52.
3. Губкина З.Д. Физическое, половое развитие и функции эндокринной системы у жительниц заполярных районов Архангельской области: автореф. дис. ... д-ра мед. наук – Архангельск, 2007. – 49 с.
4. Суханов С.Г., Карманова Л.В. Морфо-физиологические особенности эндокринной системы у жителей арктических регионов Европейского Севера России.– Архангельск: Изд-во Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, 2014. – 107 с.
5. Волкова Н.И. Здоровье женщин в перименопаузе. Теория и практика // Журнал акушерства и женских болезней. 2004. Т. 53. № 2. С. 54-59.

6. Ильина Л.М., Юренева С.В., Дубровина А.В., Эбзиева З.Х. Влияние менопаузы на работающих женщин: фактор, которому не придается должного значения // Проблемы репродукции. 2016. 22(1). С. 87-94.
7. Волков В.И., Исаева А.С., Вовченко М.Н., Струк Т.А., Белодед О.А. Тяжесть симптомов менопаузы и сердечно-сосудистый риск у женщин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2014. № 11 (182). С. 82-86.
8. Поляков Л.М., Розуменко А.А., Русских Г.С., Биушкина Н.Г., Потеряева О.Н., Гольцова Т.В., Чуркина Т.В., Осипова Л.П. Эндокринный статус у женщин-представительниц коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа // Сибирский научный журнал. 2016. Т.36. № 3. С. 109-113
9. Bachmann G. Androgen cotherapy in menopause: Evolving benefits and challenges // American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1999. 180(3). P.308-311.
10. Тюзиков, И.А., Калинин С.Ю., Апетов С.С. Дефицит андрогенов у женщин в урогинекологической практике: патофизиологические механизмы, клинические «маски» и фармакотерапия трансдермальными формами тестостерона // Рос. вестн. акушера-гинеколога. 2014. № 1. С. 33–43.

## **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ЖИТЕЛЕЙ ЗАПОЛЯРЬЯ**

*И.И. Еремеев*

Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск,  
eremeev\_ilya@icloud.com

Условия Крайнего Севера всегда считались экстремальными для проживания человека, а адаптация организма к ним вызывала интерес у медиков, физиологов и других специалистов. Несмотря на многочисленные исследования, механизмы адаптации человека к этим условиям остаются не до конца изученными. Поэтому любые сведения, касающиеся особенностей функционирования организма на Севере, представляют определенный интерес. Функции дыхательной системы человека в наибольшей степени изменяются под воздействием неблагоприятных условий, и отражают его адаптацию к среде обитания [1].

Приступая к исследованию, я предположил, что сопоставив некоторые параметры дыхания жителей Мурманской области и жителей средней полосы РФ, можно будет зафиксировать наиболее изменчивые показатели и рассматривать их как своеобразную «плату за адаптацию» к неблагоприятным условиям проживания.

Исследование функций внешнего дыхания было проведено в Мурманской и Ярославской области у практически здоровых молодых лиц в возрасте от 18 до 29 лет. Всего обследовано 200 человек в 2-х регионах, 50 мужчин и 50 женщин в каждом регионе соответственно. У всех испытуемых определяли рост и массу тела, измеряли частоту сердечных сокращений, подсчитывая число ударов пульса в состоянии покоя, сидя. В ходе исследования замерялись такие показатели, как: длина и масса тела, частота сердечных сокращений (ЧСС), частота дыхательных движений (ЧДД), дыхательный объем (ДО), жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ), время задержки дыхания после спокойного вдоха. Также рассчитывались: резервные объёмы вдоха и выдоха (РОВдо и РОвыд), должная жизненная ёмкость лёгких (ДЖЕЛ), жизненный индекс,

индекс Скибинского, процентное отношение фактической и должной жизненной ёмкости лёгких (ФЖЕЛ/ДЖЕЛ) [2]. Средние значения паттернов внешнего дыхания и рассчитанных показателей для мужчин и женщин Мурманской и Ярославской области представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Средние значения показателей дыхательной системы у жителей Мурманской и Ярославской области

Мужчины		
Показатели	Средние значения по Мурманской области	Средние значения по Ярославской области
ЧДД (раз/мин)	18,6 ± 1,2	20,9 ± 0,9
ДО (л)	1,0 ± 0	1,3 ± 0,1
РО выд (л)	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,1
РО вдо (л)	1,4 ± 0,1	1,2 ± 0,1
ЖЕЛ (л)	4,3 ± 0,2	4,2 ± 0,1
Задержка дыхания на спокойном вдохе (с)	49,8 ± 3,2	36,3 ± 2,7
ДЖЕЛ (л)	5,6 ± 0,1	4,1 ± 0,1
Жизненный индекс (мл/кг)	56,5 ± 2,4	60,4 ± 2
Индекс Скибинского	28,7 ± 2,5	22,1 ± 2,1
ФЖЕЛ/ДЖЕЛ (%)	75,7%	105,7%
Женщины		
ЧДД (раз/мин)	18,3 ± 1,2	20,5 ± 1,2
ДО (л)	0,8 ± 0	0,9 ± 0
РО выд (л)	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1
РО вдо (л)	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1
ЖЕЛ (л)	2,7 ± 0,1	3,0 ± 0,1
Задержка дыхания на спокойном вдохе (с)	34,8 ± 2,8	34,8 ± 3,1
ДЖЕЛ (л)	3,8 ± 0,3	3,9 ± 0,1
Жизненный индекс (мл/кг)	48,0 ± 1,2	56,4 ± 2,5
Индекс Скибинского	13,8 ± 1,5	14,9 ± 1,7
ФЖЕЛ/ДЖЕЛ (%)	69,2%	76,5%

У мужчин из обоих регионов ЖЕЛ не отличается. Составляющими этой величины является сумма дыхательного объема и резервных объемов вдоха и выдоха. ДО, у мужчин Мурманской области, ниже, чем в средней полосе, и выравнивание величины ЖЕЛ происходит за счет резервных объемов воздуха в легких. У женщин в Мурманской и Ярославской области ЖЕЛ, ДО, а также резервные объёмы вдоха и выдоха практически одинаковы.

Отмеченные выше различия обусловили разную возможность задержки дыхания после спокойного вдоха. Мужчины, проживающие в Мурманской области, могут задержать дыхание на значительно более длительное время, чем жители Ярославской области (в среднем 49 секунд против 36). Эта особенность дыхания может иметь значение при практически постоянно пониженной температуре, когда в легкие поступает холодный воздух [3]. Для женщин в обоих регионах обсуждаемые выше показатели не различаются.

Некоторая разница отмечена в частоте дыхательных движений. В Мурманской области этот показатель ниже, как для мужчин, так и для женщин. Из литературы известно, что наиболее эффективным является редкое и глубокое дыхание, т.к. оно обеспечивает максимальный газообмен в легких [4]. Жители Мурманской области дышат более редко, а газообмен, вероятно, осуществляется за счет резервных объемов воздуха, который, возможно, успевает прогреться в легких.

По величине жизненного индекса можно судить о соответствии жизненной ёмкости лёгких массе человека. У мужчин этот показатель в норме составляет 60мл/кг, у женщин 55мл/кг [5]. Исходя из данных исследования, видно, что у мужчин и женщин, Ярославской области данный показатель в норме, а у мужчин и женщин Мурманской области намного ниже нормы, что свидетельствует о недостаточности жизненной ёмкости лёгких.

По индексу Скибинского можно судить о функциональных возможностях органов дыхания и кровообращения, а так же об устойчивости к гипоксии. У мужчин Мурманской области данный показатель значительно выше, чем у мужчин средней полосы, что говорит о лучшей приспособленности к условиям недостаточной доступности кислорода во вдыхаемом воздухе на севере. У женщин же картина неясная. У женщин Мурманской области индекс Скибинского меньше, чем у жительниц Ярославской области, следовательно, механизм адаптации к условиям недостатка кислорода у женщин иной, нежели у мужчин, и они менее устойчивы к гипоксии.

Процентный показатель соответствия жизненной ёмкости лёгких к должной жизненной ёмкости, показывает, что у мужчин Ярославской области фактическая ёмкость полностью соответствует должной, а у мужчин Мурманской области, показатель ЖЕЛ ниже должных значений, что подтверждается многочисленными аналогичными исследованиями. У женщин Ярославской и Мурманской области этот показатель ниже должного. Сложно сказать, с чем связано низкое значение данного параметра у жительниц средней полосы, но для северянок эти значения вполне естественны, исходя из данных аналогичных исследований [6].

По итогам выполнения работы были сделаны следующие выводы:

- Выявлено, что у жителей крайнего севера, фактические величины статических лёгочных объёмов и ёмкостей имеют отклонения от значений средней полосы: у мужчин увеличены жизненная ёмкость лёгких, резервный объём вдоха и выдоха, уменьшен дыхательный объём и частота дыхательных движений; у женщин все параметры ниже в сравнении с параметрами женщин средней полосы.

- У мужчин Мурманской области ЖЕЛ выравнивается за счёт высоких показателей резервного объёма вдоха и выдоха. Поэтому время задержки дыхания после спокойного вдоха у северян значительно продолжительнее, чем у жителей средней полосы. ЖЕЛ, ДО и резервный объём выдоха у северянок ниже, а резервный объём вдоха – выше, чем у жительниц средней полосы, следствием этого является менее продолжительное время задержки дыхания.

- У мужчин и женщин Мурманской области жизненный индекс намного ниже нормы, что свидетельствует о недостаточности жизненной ёмкости лёгких. У мужчин Мурманской области высокий показатель индекса Скибинского, что говорит о лучшей приспособленности к условиям недостаточной доступности кислорода в воздухе на севере. У северянок же данный параметр низкий, они менее устойчивы к гипоксии.

- Можно предположить, что у мужчин и женщин механизмы адаптации дыхательной системы к условиям Севера несколько различаются.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартош О.П., Соколов А.Я. Региональные особенности внешнего дыхания в экологических условиях Северо-Востока России / Физиология человека. 2006. Т. 32, № 3. С. 70-74.
2. Белов А.А. Оценка функции внешнего дыхания. Методические подходы и диагностическое значение / А.А. Белов, Н.А. Лакшина. М.: Издат. дом «Русский врач», 2006. 67 с.
3. Гудков А.Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера: эколого-физиологические аспекты: монография / А.Б. Гудков, Н.Б. Лукманова, Е.Б. Раменская. Архангельск: Издательский дом им. В.Н. Булатова, 2013. 184 с.
4. Гудков А.Б. Новоселы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты / А.Б. Гудков, О.Н. Попова, А.А. Небученных. Архангельск: Изд-во Сев. гос. мед. ун-та, 2012. – 285 с.
5. Гудков А. Б. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере / А. Б. Гудков, О. Н. Попова. Архангельск.: Северный гос. мед. университет, 2012. – С. 251
6. Попова О.Н. Характеристика адаптивных реакций внешнего дыхания у молодых лиц трудоспособного возраста, жителей европейского севера: Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Северный государственный медицинский университет. Архангельск, 2009. – 254 с.
7. Адаптивные реакции внешнего дыхания у жителей Европейского Севера и Заполярья / А.Б. Гудков, О.Н. Попова // Электронный научно-образовательный вестник здоровье и образование в XXI веке. 2012. С. 343-344
8. Баранов В.Л. Исследование функции внешнего дыхания / В.Л. Баранов, И.Г. Куренкова, В.А. Казанцев. СПб.: Элби-СПб, 2002. 302 с.
9. Варламова Н.Г., Евдокимов В.Г. Функция внешнего дыхания у девушек и женщин разного возраста / Успехи геронтологии. 2006. С. 85-89
10. Варламова Н.Г., Евдокимов Е.Р., Бойко Е.Р., Кочан Т.И., Канева А.М., Рогачевская О.В. Функция внешнего дыхания у молодых мужчин Европейского Севера в годовом цикле / Физиология человека. 2008. С. 85-91
11. Попова О.Н., Щербина Ю.Ф. Характеристика показателей легочных объемов и емкостей у уроженцев Крайнего Севера / 3-я региональная научно-практическая конференция, посвященная 50-летию зимних беломорских игр "физическая культура, спорт и здоровье нации в XXI веке". Архангельск, 2012 С. 109-110

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИКИ В РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ

*Колосова О.Н.<sup>1</sup>, Бельчусова Е.А.<sup>2</sup>, Николаева Е.Н.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Институт биологических проблем криолитозоны ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, kolosova.olga8@inbox.ru

<sup>2</sup> Научно-практический центр «Фтизиатрия», ГБУ РС(Я), г. Якутск

<sup>3</sup> ФГАОУ ВПО Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск

Длительное и сочетанное воздействие на организм человека в условиях Арктики комплекса экстремальных климато-географических, гелиогеофизических и социально-техногенных факторов приводят к снижению адаптационных резервов организма и повышают риски дезадаптаций человека [1-5]. Сниженный адаптационный потенциал и дезадаптационные процессы являются основой возникновения и развития многих предпатологических и патологических процессов, относящихся к категории болезней

стресса, и становятся одной из основных причин ухудшения качества жизни северян. Поскольку генетически закрепленные адаптивные механизмы в процессе онтогенеза проявляются в зависимости от условий проживания, то важно понимание их фенотипического проявления в различных возрастных группах одного этноса, проживающего длительное время на территории арктического региона. Исследование возрастных особенностей эколого-физиологических механизмов адаптации коренных жителей арктического региона к экстремальным факторам среды представляется чрезвычайно актуальным.

**Цель настоящего исследования** – выявить возрастные особенности состояния адаптационных реакций организма коренных жителей Оленекского эвенкийского национального района Якутии.

**Материалы и методы.**

Объект исследования – мужчины-эвенки (МЭ), добровольцы (n=180), постоянно проживающие в условиях Арктики, условно здоровые, не болевшие в течение последнего месяца. Исследование проведено в зимние периоды (декабрь-февраль) 2014-2016 годов. Для этого было сформировано несколько возрастных групп. Группа «дети и подростки» («Д»), 14-17 лет. Пять групп взрослых: В1 (18-24 года); В2 (25-34 лет); В3 (35-50 лет); В4 (51-64 года); В5 (65-78 лет). В соответствии с общепринятыми правилами [Конвенция по биоэтике, Страсбург, 1997] при проведении наблюдений на человеке испытуемые были информированы об общем характере предстоящих воздействий и были получены их письменные информированные согласия.

Забор периферической крови проводили с 8 до 9 утра натощак. Определение фаз неспецифических адаптационных реакций (НАР) и уровня реактивности (УР) организма проводили по методу Л.Х. Гаркави с соавт. [6]. К антистрессорным, благоприятным реакциям, с точки зрения адаптации, отражающим нормальное состояние здоровья, относятся реакции тренировки (РТ), спокойной активации (РСА) и повышенной активации (РПА) на высоких УР организма. Неблагоприятные реакции представлены реакциями переактивации (РП) и стресса (РС), а также РТ, РСА и РПА на низких и средних УР организма [7].

Результаты обрабатывали при помощи пакета программ «SPSS Statistics v.7». Осуществляли определение средней (M), среднего квадратичного отклонения (SD) и ошибки средней (m). Характер распределения оценивали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. При нормальном распределении переменных для определения различий между двумя независимыми группами использовали непарный t-критерий Стьюдента, а при непараметрическом – критерий Вилкоксона–Манна–Уитни. Для выявления связи между исследуемыми показателями использовали методы корреляционного анализа для параметрических и непараметрических видов распределения – критерии Пирсона и Спирмена соответственно. Достоверными считали различия и корреляции при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.**

Полученные результаты изучения состояния адаптационных процессов организма мужчин – представителей коренных малочисленных этносов арктического региона в период полярной ночи, не зависимо от возраста, свидетельствуют о том, что у более чем половины МЭ (54 %) выявляется в организме высокий уровень реактивности, обеспечивающий возможность быстрой мобилизации функций и адекватной ответной реакции организма в ответ на внешние воздействия (Рис. 1).

На фоне этого обнаруживается достаточно высокая встречаемость людей (30 %), организм которых находится в состоянии низкого УР, характеризующегося преобладанием тормозных процессов в организме, как на уровне ЦНС, так и на уровне периферической нервной системы. При этом организм оказывается неспособным к развитию адекватной, быстрой ответной приспособительной реакции. Встречаемость неблагоприятных фаз НАР (РС и РП) организма МЭ составляет 14 %. Несмотря на

высокий процент МЭ, организм которых находится в благоприятных фазах НАР (РТ, РСА и РПА) (86 %), с учетом того, что 30 % из них протекают на низком УР, можно говорить о том, что еще у 35 % человек в организме наблюдается рассогласование функционирования подсистем организма, что является причиной напряженности адаптивных систем.

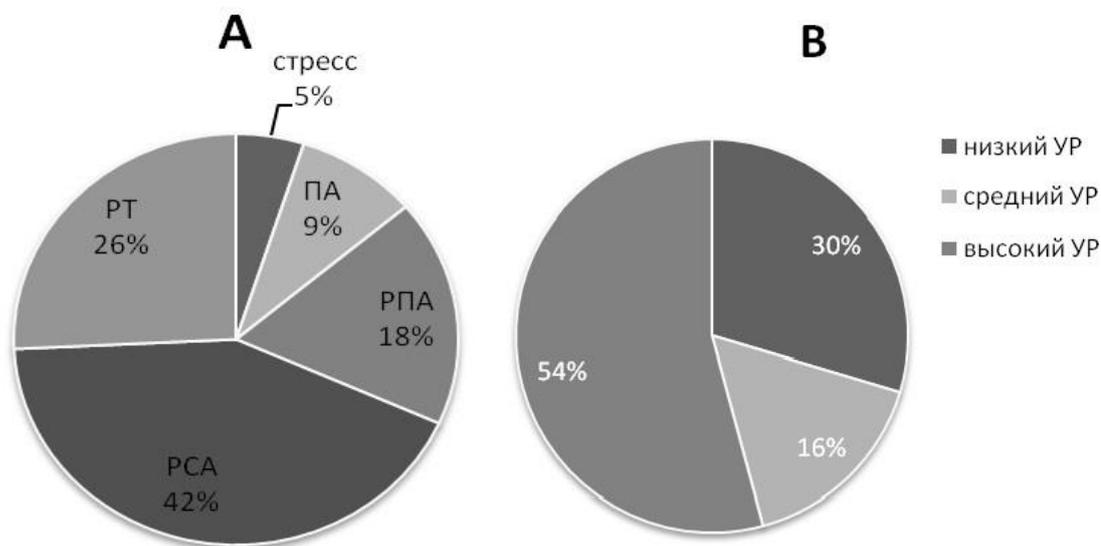


Рис. 1 - Структура типов НАР (А) и уровня реактивности (В) организма мужчин-эвенков (n=180; %)

Более подробное исследование структуры адаптивных реакций организма проведено в шести возрастных группах (Рис. 2).

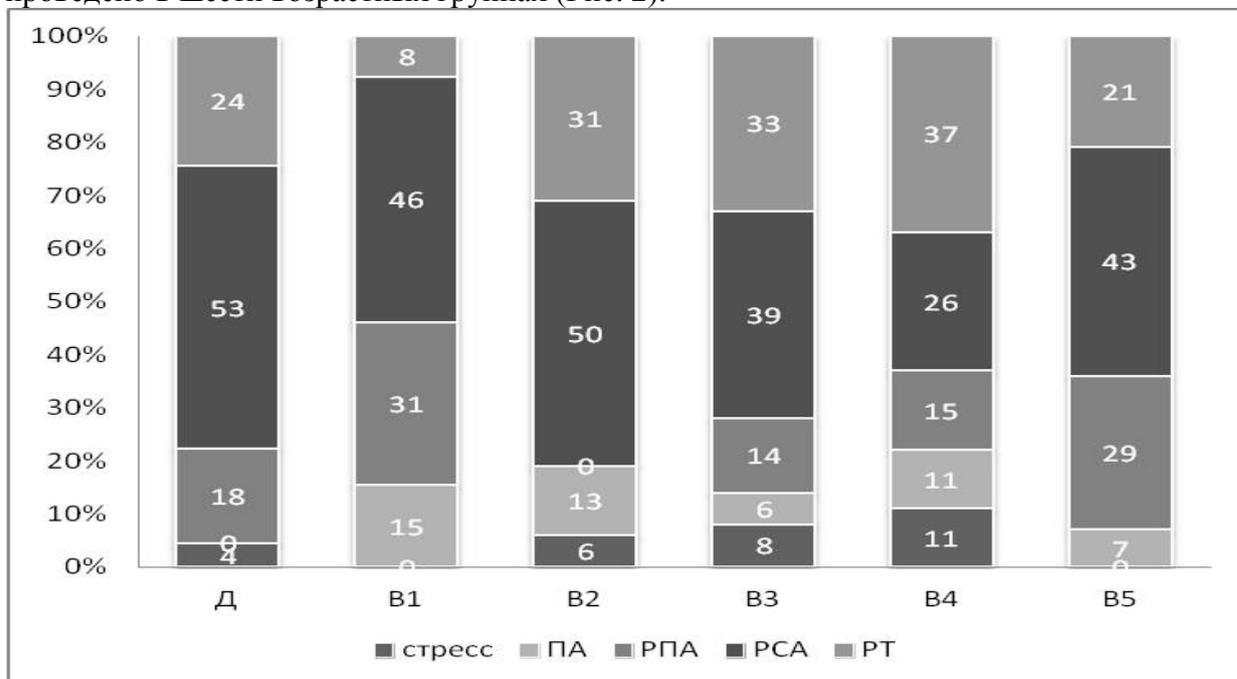


Рис. 2 - Структура НАР организма МЭ (n=180) в исследуемых возрастных группах: Д (14-17) лет, В1 (18-24) лет, В2 (25-34) лет, В3 (35-50) лет, В4 (51-64) лет, В5 (65-78) лет

В результате проведенных исследований РС была выявлена в нескольких возрастных группах: в детском (подростковом) (4 %) и зрелом периодах (В2÷В4). В ряду от раннего зрелого возраста (В2; 6%) к позднему зрелому возрасту (В4; 11 %)

происходит увеличение доли МЭ, находящихся в РС в 1,83 раза ( $p < 0,05$ ). В этом же возрастном направлении от В2 до В4 происходит повышение в 1,97 раза ( $p < 0,05$ ) количества людей с низким УР (Рис. 3).

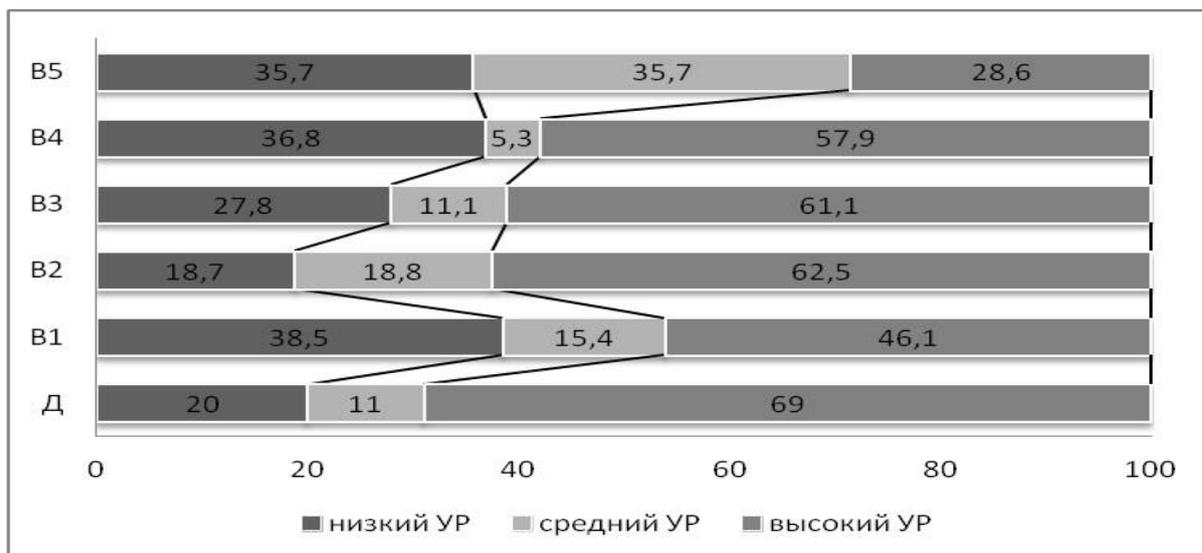


Рис. 3 - Уровень реактивности организма мужчин-эвенков ( $n=180$ ) в исследуемых возрастных группах: Д (14-17) лет, В1 (18-24) лет, В2 (25-34) лет, В3 (35-50) лет, В4 (51-64) лет, В5 (65-78) лет (%)

Стресс, выявляемый у МЭ, развивается в основном на низком уровне реактивности, что свидетельствует о значительной, по-видимому, даже, разрушительной десинхронизации функций. В этих условиях выраженное неблагоприятное течение адаптивных процессов протекает с быстрым истощением пластических и энергетических ресурсов организма, с преобладанием процессов катаболизма и подавлением восстановительных функций, происходит значительное снижение неспецифической резистентности организма [6]. Следует подчеркнуть, что при стрессе отмечается снижение уровня эндогенного этанола в крови [8], что может стать одной из причин интенсификации алкоголизации и изменений, происходящих в психоэмоциональной сфере: подавленность, депрессия или, наоборот, агрессивность с высокой тревожностью Зимой в период полярной ночи у мужчин-эвенков выявляются два возрастных периода с пиками неблагоприятных НАР (РП+РС) - В2 (25-34 лет) и В4 (51-64 лет) (Рис. 4). Максимальная акрофаза обнаруживается в позднем взрослом возрасте (В4), когда в 11 % случаев организм МЭ находится в РС, еще у 11 % человек развивается РП.

Реакция переактивации характеризуется чрезмерной генерализацией возбудительных процессов в ЦНС, в результате чего значительно повышается скорость расходования энергетических субстратов, что приводит к развитию запредельного торможения, отмечается гиперсинхронизация деятельности подсистем, увеличивающая возможность их неожиданного срыва, на фоне активации метаболических процессов снижается скорость синтеза энергетических субстратов [6].

В детском (подростковом) возрасте (Д) большой процент лиц находится в состоянии активации (53 % РСА и 18 % РПА), что свидетельствует о повышении активности регуляторных и защитных подсистем организма, преобладании процессов анаболизма на фоне умеренных энергозатрат, что является основой благополучного течения адаптационных процессов. При этом, зимой почти у каждого четвертого подростка (25 %) выявляется РТ, характеризующаяся наличием охранительного

торможения в ЦНС, снижением скорости катаболических процессов, накоплением и сохранением пластических и энергетических резервов организма.

Если в других (взрослых) возрастных периодах РТ связана с антистрессорными восстановительными реакциями, то в группе «Д» (когда происходит интенсивный физический рост, усиленное психическое развитие, активная перестройка нейро-гуморальных регуляторных процессов) РТ свидетельствует о снижении адаптационного потенциала

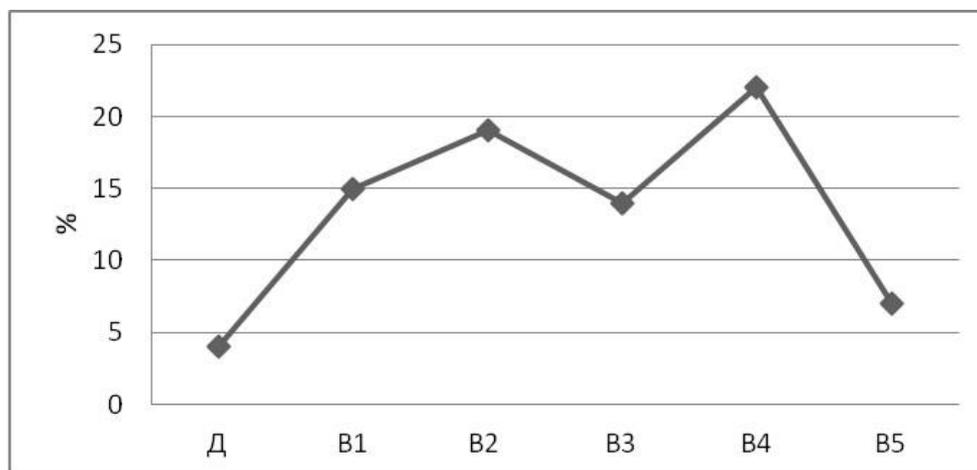


Рис. 4 - Динамика неблагоприятных НАР организма мужчин-эвенков (n=180) в исследуемых возрастных группах: Д (14-17) лет, В1 (18-24) лет, В2 (25-34) лет, В3 (35-50) лет, В4 (51-64) лет, В5 (65-78) лет

Таким образом, впервые в условиях Арктики проведено исследование состояния неспецифических адаптивных реакций организма мужчин-эвенков в зависимости от возраста. В результате установлено, что в двух возрастных группах (В2 и В4) выявляется наиболее высокий уровень напряженности протекания адаптивных процессов, десинхронизации функций. Поскольку РС и РПА являются неспецифической основой многих патологических процессов, то МЭ данных возрастных групп можно отнести с достаточно высокой вероятностью к группе риска по возникновению психосоматических и соматических заболеваний. Снижение адаптационного потенциала в подростковый период (Д) в зимнее время свидетельствует о необходимости проведения профилактических мероприятий, направленных на восстановление резервов адаптации организма.

*Исследование проведено в ходе выполнения проекта VI.62.1.8. «Разработка биопрепаратов из тканей растений и животных Якутии на основе изучения особенностей их биохимического состава и механизмов адаптации к условиям Севера» (№ 0376-2019-0005 регистрационный номер АААА-А17-117020110055-3).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бобков Г.А. Экологическая физиология человека / М.: Крук, 1998. С. 416.
2. Кривоцеков С.Г. Психофизиологические механизмы адаптации и дезадаптации на Севере / Межд. конг. по приполярной медицине. Новосибирск, 2006. С. 5- 6.
3. Манчук В.Т., Надточий Л.А. Состояние и тенденции формирования здоровья коренного населения Севера и Сибири // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т.30. № 3. С.24-32.
4. Панин Л.Е., Усенко Л.Е., Усенко Г.А. Тревожность, адаптация и донозологическая диспансеризация. Новосибирск: СО РАМН, 2004. 316 с.

5. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С.3-11.
6. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. М.: ИМЕДИС, 1998. С. 17–63.
7. Гаркави Л.Х. Активационная терапия. Антистрессорные реакции активации и тренировки и их использование для оздоровления, профилактики и лечения. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2006. 256 с.
8. Колосова О.Н., Кершенгольц Б. М. Состояние эндогенной системы этанол/ацетальдегид и ее роль в устойчивости к алкоголизации в популяциях народов Севера // Экология человека. 2015. № 6. С. 24–32.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯКУТИИ**

*У.М. Лебедева, А.И. Фёдоров, Р.Н. Захарова*

Научно-исследовательский центр Медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Якутск, ulev@bk.ru

Современные взгляды на формирование здоровья человека тесно связаны с его обеспеченностью питательными веществами, витаминами и микроэлементами на уровне физиологических потребностей [1]. Результаты исследований пищевого рациона сельского и городского населения других регионов России показывают, что характер питания сельских жителей отличается однообразием. Основу рациона составляют хлебобулочные изделия и картофель. При этом авторы отмечают низкий уровень потребления рыбы и молочной продукции. В то же время рацион питания городского населения является более разнообразным и полноценным [2]. В Якутии установлена высокая калорийность рациона питания сельских жителей, обусловленная повышенным уровнем потребления животных жиров и простых сахаров [3].

Проведено изучение фактического питания взрослого населения села Бердигестях Горного улуса Республики Саха (Якутия). В исследовании приняли участие 178 человек в возрасте старше 18 лет, постоянно проживающие в сельской местности, в том числе 135 женщин и 43 мужчины. Средний возраст респондентов составил  $50,6 \pm 14,7$  лет.

Для сбора информации были использованы опросники ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Расчёт состава фактического питания проведён на основании таблиц химического состава российских блюд и продуктов.

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ IBMSPSSStatistics 23 версии.

По результатам расчётов химического состава рациона питания проведена оценка средних величин потребления основных макронутриентов пищи (Табл. 1).

Таблица 1 – Среднесуточное потребление белков, жиров и углеводов, г/сутки

Макронутриенты	n	М	σ
Белки	178	60,69	29,57
Жиры	178	58,11	31,46
Углеводы	178	217,48	85,61

Примечания: n – частота, М – среднее значение, σ – стандартное отклонение

Установлено, что среднесуточное потребление основных макронутриентов пищи среди сельского населения находится на нижних границах нормы физиологических потребностей, рекомендованных Федеральным центром гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора [4].

Таблица 2 – Среднесуточное потребление минеральных веществ, мг/сутки

	n	M	$\sigma$
Натрий	178	2604,95	1237,42
Калий	178	1952,53	1399,70
Кальций	178	458,71	189,43
Магний	178	226,85	163,05
Фосфор	178	859,79	358,58
Железо	178	10,85	6,41

Примечания: n – частота, M – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение

Результаты анализа среднесуточного потребления минеральных веществ демонстрируют, что поступление таких элементов как железо, калий и фосфор находится в пределах рекомендованных норм. Наблюдается избыточное потребление натрия, превышающее рекомендованные границы. Отмечается незначительный дефицит поступления кальция и магния, что возможно, связано с недостаточным употреблением рыбы и молочных продуктов. Данные о недостаточном уровне потребления сельским населением мяса и мясопродуктов, молочной продукции, сливочного масла, свежих овощей и фруктов отмечаются и в соседнем регионе – Приморском крае [5]

Нами также проведён анализ энергетического вклада основных нутриентов пищи (Табл. 3)

Таблица 3 – Энергетический вклад макронутриентов, %

Макронутриенты	n	M	$\sigma$
Белки	178	14,98	4,32
Жиры	178	31,34	8,55
Монодисахариды	178	22,97	10,39
Крахмал	178	30,68	8,88
Углеводы	178	53,65	10,01

Примечания: n – частота, M – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение

Результаты оценки долей энергетического вклада макронутриентов пищи показали, что большая часть энергетических потребностей обеспечивается за счёт углеводов, крахмала и жиров.

Результаты нашего исследования показывают, что показатели фактического питания среди сельского населения Якутии близки к таковым в других регионах России. Таким образом, у сельских жителей преобладает углеводно-жировой тип питания на фоне недостаточного потребления мясной и рыбной пищи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витамины, макро- и микроэлементы / Ребров В.Г., Громова О.А. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008, 960 с.
2. Тарасова Л.В., Хохлова Е.А., Степашина Т.Е., Степанова А.В. Оценка особенностей рациона питания практически здоровых жителей Чувашской республики // Медицинский альманах, 2011. Т. 15. № 2. С. 106-111.
3. Хамнагадаев И.И., Поликарпов Л.С., Ганкин М.И., Карпов Р.С. Питание коренного сельского населения Севера // Терапевтический архив. 2003. Т. 75. № 1. С. 34-37.

4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации / Под ред. Акоповой Н.Е., Емельяновой Е.В., Кучуровой Л.С. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.
5. Трунова И.Е., Лапардин М.П., Кику П.Ф. Характеристика фактического питания городского и сельского населения Приморского края // Здоровье населения и среда обитания, 2008. Т. 180. № 3. С. 15-18.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ МАТЕРЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В АРКТИЧЕСКИХ И СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

*У.М. Лебедева<sup>1</sup>, Т.А. Салова<sup>2</sup>, М.В. Гмошинская<sup>3</sup>, Е.А. Пырьева<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, ulev@bk.ru

<sup>2</sup>ФГБУН «ФИЦ Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск

<sup>3</sup>ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва

Основой сохранения здоровья населения в экстремальных условиях Арктики и Севера, является поддержание этнического питания. А питание матерей в период беременности и лактации оказывает значительное влияние на развитие и состояние здоровья ребенка в дальнейшем. Поэтому, при составлении рационов питания матерей следует учитывать национальные традиции питания, предусматривать использование продуктов и сырья, традиционно применяемые в питании населения данного региона. К таким продуктам относятся традиционные молочные продукты, мясо оленей, жеребятина, речная белая рыба, плоды и ягоды, произрастающие в данных климатических зонах. В статье представлен новый персонифицированный подход к организации питания матерей в виде примерного среднесуточного количества продуктов для беременных и кормящих женщин, выраженных в виде порций, а также ассортимента продуктов, с использованием национальных мясных и молочных продуктов.

Условия жизни в арктических и северных территориях имеют особенности климатической зоны с резко континентальным климатом и светового режима в виде полярного дня и полярной ночи, непродолжительного лета и длительной зимы более 6 месяцев и особого воздействия низких температур [1, 2]. Поэтому, организация рационального питания матерей в период беременности и кормления грудью требует разработки персонифицированных подходов к питанию в экстремальных условиях.

При этом, следует учитывать общие требования к организации питания беременных женщин, такие как: 1) удовлетворение физиологических потребностей беременной женщины в основных пищевых веществах и энергии, необходимых для сохранения ее здоровья и работоспособности; 2) удовлетворение физиологических потребностей плода в основных пищевых веществах и энергии, необходимых для его адекватного роста и развития; 3) обеспечение комфортного самочувствия, хорошего настроения и высокой активности женщины на всех этапах беременности. Необходимо учитывать увеличение физиологических потребностей беременной женщины в основных пищевых веществах и энергии. В зимний период нормы физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии беременной женщины, проживающих в этих, должны быть увеличены на 15-20%. При разработке рационов

для беременных женщин необходимо учитывать: 1) сохранение пищевых стереотипов, если до наступления беременности питание женщины было достаточно адекватным; 2) дополнительное поступление с пищей, начиная со 2-ого триместра беременности, энергии, необходимой для роста плода, формирования и роста плаценты, обеспечения перестройки метаболических процессов в организме женщины; белка, необходимого для роста плода, плаценты, матки, грудных желез; кальция и железа, необходимых для кальцификации скелета плода и формирования депо железа в организме матери и плода; растительных пищевых волокон, необходимых для перистальтики кишечника; 3) ограничение потребления соли и соленых продуктов, продуктов с высокой сенсibiliзирующей активностью, а также продуктов, содержащих эфирные масла (лук, чеснок), специи и пряности, консерванты, красители и стабилизаторы; 4) использование отваривания, тушения, запекания, приготовление на пару; 5) максимальный учет индивидуальных потребностей женщин, их пищевые привычки, непереносимость отдельных видов продуктов; 6) прием витаминно-минеральных препаратов или использование специализированных продуктов питания для беременных женщин, обогащенных белком, эссенциальными жирными кислотами, витаминами, минеральными солями.

Питание кормящей женщины должно обеспечивать: 1) удовлетворение всех физиологических потребностей матери в энергии и основных пищевых веществах. В зимний период нормы физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии кормящих женщин, проживающих в условиях Арктики и Севера, должны быть увеличены на 20 %; 2) дополнительное снабжение энергией и пищевыми веществами, необходимое для продукции достаточного количества молока с высокой пищевой ценностью; 3) предотвращение поступления с молоком матери в организм младенцев продуктов, содержащих облигатные аллергены и гистамино-либераторы и соединения, оказывающие раздражающее воздействие на слизистую ЖКТ матери (эфирные масла, перекиси жирных кислот и др.).

Рацион беременных и кормящих женщин должен включать все основные группы продуктов: мясо, рыбу, молоко и молочные продукты, хлеб и хлебобулочные изделия, крупы и макаронные изделия, пищевые жиры (сливочное масло и растительные жиры), яйца, овощи и фрукты, кондитерские изделия и сахар.

В настоящее время якутские национальные молочные продукты все шире используются местным населением и за пределами республики [2]. Молочные продукты для жителей Арктики и Севера являются традиционными продуктами питания, удовлетворяющими потребность организма в пищевых веществах в суровых климатических условиях. Следует также учитывать, что в Якутии широко используется не только коровье, но и кобылье молоко. Но в питании беременных и кормящих женщин не могут использоваться кумыс, зрелый тан и др., являющиеся продуктами молочнокислого и спиртового брожения. Примером национальных молочных продуктов являются следующие продукты [3-5], которые могут использоваться в питании беременных и кормящих женщин: это *суорат* – якутский национальный продукт, вырабатываемый из цельного или восстановленного молока путем сквашивания заквасками, содержащими болгарскую палочку, ацидофильную палочку, термофильный стрептококк, кефирные грибки. Суорат используют для приготовления *сыра* («Суумэх»), а также для приготовления *обезжиренного творога* («Иэдьэгэй»); *быырпах* – якутский национальный кисломолочный напиток, вырабатывается из пастеризованного или обезжиренного молока с добавлением сахара и фруктово-ягодных наполнителей, путем сквашивания заквасками, содержащими ацидофильные палочки, термофильный стрептококк, лиофилизированную дрожжевую культуру; *тар* –

якутский национальный кисломолочный продукт, который получают путем сквашивания молока или сливок чистыми культурами молочнокислых бактерий.

Большинство якутских национальных молочных продуктов вырабатываются с использованием вторичного сырья, соответствуют технологии продуктов функционального назначения [3, 6]. Разработаны научные и технологические основы производства следующих традиционных видов молочных продуктов нового поколения, которые могут использоваться в питании беременных и кормящих женщин: 1) различные виды животного масла – «Хайах» (якутское масло с жирностью 35-40 %), с добавлением дикорастущих растений и ягод; 2) различные виды продукта «Кёрчэх», производимые из сливок коровьего и оленьего молока; 3) традиционные якутские кисломолочные продукты нового поколения: из коровьего молока суорат, быырпах, тар свежий; 4) кисломолочный напиток из оленьего молока «Бакалдынумданин». Наряду с традиционно используемыми в питании беременных и кормящих женщин говядины, свинины, кролика, в условиях Арктики и Севера традиционно используются такие виды мяса, как оленина, конина и жеребятина [7, 8].

Данные о сравнении химического состава различных видов мяса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав различных видов мяса, %

Продукт	Вода	Белки	Жиры	Зола	Калорийность ккал/100 г мяса
Говядина I категории	70,5	18,0	10,5	1,0	171
Говядина II категории	74,1	21,0	3-8	1,1	121
Баранина I категории	65,8	16,4	17,0	0,8	225
Баранина II категории	69,4	20,8	9,0	0,8	169
Свинина жирная	47,5	14,5	37,3	0,7	406
Свинина мясная	60,9	16,5	21,5	1,1	268
Телятина жирная	72,8	19,0	7,5	0,7	147
Телятина тощая	78,2	20,0	0,5	1,3	87
Конина средней упитанности	66,3	21,5	10,0	1,7	183
Жеребятина	65,2	17,2	16,0	1,4	167
Оленина средней упитанности	72,9	19,0	6,0	1,1	138

Традиционно в питании жителей Якутии используется рыба [7]. Рыба занимает одно из первых мест по пищевой ценности среди продуктов питания животного происхождения. Распределение рыбы по калорийности (ккал/100 г): нельма – 200 ккал., омуль – 164, карась – 146, муксун – 88, щука – 83, налим – 73. Биохимические исследования состава мяса промысловых рыб Якутии показывают, что в северной рыбе, в частности, мясе карася содержится до 53,3 мг % кальция, 196,4 мг % фосфора. Речная рыба может быть использована в питании женщин ежедневно.

Для персонификации питания женщин в период беременности и лактации разработаны новыенормы продуктов. Данный подход отражен в методических рекомендациях «Организация наблюдения за беременными женщинами, роженицами и кормящими матерями с целью обеспечения полноценного грудного вскармливания детей», 2016 [9]. Однако, учитывая климатические условия Арктики и Севера и наличие доступных национальных продуктов, которые могут быть использованы в питании данного контингента женщин, необходимо внесение коррекции в ассортимент продуктов, рекомендуемых для использования женщинами в период беременности и лактации в домашних условиях. В таблице 2 представлен такой ассортимент продуктов.

Таблица 2 – Рекомендуемый ассортимент основных пищевых продуктов для организации питания беременных и кормящих женщин в условиях Арктики и Севера с включением национальных продуктов

Продукты для ежедневного использования	Продукты для использования в питании несколько раз в неделю	Продукты, которые не рекомендуется включать в рацион питания беременных и кормящих женщин
<p><i>Мясо и мясопродукты*</i> Говядина, оленина, жеребятина, конина, кролик, свинина и баранина мясные, нежирные; мясо птицы – цыплята, курица, индейка в т.ч. нежирные окорочка, грудка; рыба речная – чир, муксун, щука, пелядь, ряпушка, карась и др.</p>	<p>Субпродукты: сердце, язык; ветчина из говядины, индейки, кур, нежирных сортов свинины: не чаще 1–2 р/нед; рыба морская и рыбопродукты не менее 2-х раз в неделю; треска, хек, минтай, ледяная рыба, судак, окунь, горбуша, лосось, форель, сельдь (вымоченная) и др.; творог промышленного выпуска жирностью 5–9 % жирности; сыры неострых сортов; яйца 3–4 раза в неделю в виде омлетов, в вареном виде; консервы; компоты из яблок, груш, слив, вишен и др.; бобовые; кукуруза сахарная; кабачковая, баклажанная икра; морская капуста; фрукты: бананы, цитрусовые, тропические плоды – ограниченно; сухофрукты; напитки; некрепкий кофе</p>	<p>Мясо утки и гуся; бифштексы, люля-кебаб, копченые и варено-копченые колбасы, закусочные консервы; крепкие бульоны; рыбные деликатесы; бараний жир, сало, майонез, кулинарные жиры, продукты, приготовленные во фритюре; пончики, чебуреки; торты, пирожные, содержащие большие количества крема; горький шоколад; чипсы, специи, хрен, горчица, лук, чеснок; соусы, содержащие уксус и соль (кетчуп); маринованные овощи и фрукты (огурцы, томаты, сливы, яблоки и др.).</p> <p><b>ЗАПРЕЩЕННЫЕ ПРОДУКТЫ И БЛЮДА:</b> Из плохо прожаренного мяса; молоко без термической обработки; куриные и гусиные яйца</p>
<p><i>Молоко и молочные продукты</i> Молоко 2,5–3,2 % жирности, пастеризованное, стерилизованное, сухое, в т.ч. специализированные для беременных и кормящих женщин; сметана 10–15 % жирности; кефир 1,5–3,2 % жирности; йогурты молочные, не содержащие цитрусовых и других фруктов с высокой сенсibiliзирующей активностью; ряженка, варенец, бифидок и другие кисломолочные напитки промышленного выпуска; национальные кисломолочные напитки: суorat 1,0–3,2 %, быырпах из обезжиренного молока, пахты, тар свежий, творог 5–9 % жирности, обезжиренный творог «Иэдьэгэй»</p>		
<p><i>Пищевые жиры</i> Сливочное масло, масло чохоон, хайах [3]; растительные масла (подсолнечное, кукурузное, соевое, оливковое и др.).</p>		
<p><i>Овощи</i> Картофель, все виды капусты (белокочанная, цветная и др.), морковь, свекла, огурцы, кабачки, патиссоны, петрушка, укроп, сельдерей, томаты (ограниченно); сезонные овощи: огурцы, томаты и др. в т.ч. быстрозамороженные</p>		
<p><i>Фрукты</i> Яблоки, груши, фруктовые пюре промышленного выпуска, сезонные фрукты: слива, вишни, черешня, абрикосы, персики, ягоды, замороженные фрукты и ягоды,</p>		

Дикорастущие ягоды свежие и замороженные: брусника, черная и красная смородина, голубика, шиповник, земляника, малина, морошка	
<i>Соки и напитки</i> Натуральные соки, нектары и фруктовые напитки промышленного выпуска (осветленные и с мякотью) из яблок, груш, слив, абрикосов, персиков, вишни, черешни; чай	
<i>Хлеб:</i> ржаной, пшеничный или из смеси муки; лепешка якутская, баахыла; <i>крупа:</i> рис, пшено, овсяная, гречневая, кукурузная, ячменная и др.; <i>макаронные изделия</i> – все виды	
<i>Специализированные продукты для беременных и кормящих женщин:</i> сухие белково-витаминно-минеральные молочные или соевые смеси, смесь на основе козьего молока для беременных и кормящих женщин; чай гранулированные, соки, каши	

\*Потребление сосисок, сарделек (говяжьих) после тепловой обработки, колбас вареных не чаще 1-2 раз в неделю. Данные продукты не являются обязательными для питания беременных и кормящих женщин.

Таким образом, в рекомендуемый ассортимент основных пищевых продуктов для организации питания беременных и кормящих женщин в условиях Арктики и Северавключены национальные продукты, а также дикорастущие ягоды, произрастающие в этих регионах. Поэтому, разработанные подходы к персонификации питания матерей позволяют организовывать питание беременных и кормящих женщин с учетом национальных традиций питания. Необходимо широко рекомендовать все традиционно используемые в питании группы продуктов, включая молоко и молочные продукты, мясо различных животных, рыбу, плоды и ягоды, произрастающие в данных климатических зонах. Потому что, основа здоровья населения в экстремальных условиях – это сохранение этнического питания.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания Минобрнауки России №17.6344.2017/БЧ и научного проекта РФФИ №17-21-08001.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедева У.М., Румянцева А.Н., Степанов К.М., Игнатьева М.Е., Егоров И.Я., Корнилова М.В., Борисова Н.Б. Вопросы оптимизации структуры питания населения и повышения качества и уровня безопасности пищевой продукции в Республике Саха (Якутия) // Якутский медицинский журнал. 2014. № 3 (47). С. 90-93.
2. Научно-методическое и инновационное обеспечение оптимизации питания населения Республики Саха (Якутия) / У.М. Лебедева, К.М. Степанов, М.И. Самсонова и др. // Вопросы питания. 2014. № 3. С. 25–27.

3. Абрамов А.Ф., Степанов К.М., Аммосова Т.В. и др. Технология производства якутских национальных молочных продуктов. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2006. 108 с.
4. Степанов К.М., Чугунов А.В. От ритуальной еды до экопитания сегодня // European Social Science Journal. 2013. № 10-1 (37). С. 302-306.
5. Stepanov K.M., Lebedeva U.M., Dyachkovskaya M.P., Dokhunaeva A.M. Role of products from local raw materials in a food allowance of the population of the north // News of Science and Education. 2014. Т. 10. № 10. С. 29.
6. Лебедева У.М., Абрамов А.Ф., Степанов К.М., Васильева В.Т., Ефимова А.А. Пищевая ценность национальных молочных продуктов с добавлением лесных ягод и дикорастущих пищевых растений Якутии // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № 6. С. 132-140.
7. Гладкова Е.Е. Состав молока кобыл и медико-биологические требования к продуктам детского питания // Коневодство на пороге XXI в. / Тезисы докладов конференции молодых ученых и аспирантов Дивово: Издательство ВНИИК, 2001. С. 79–82.
8. Абрамов А.Ф., Андросов С.Н. Химический состав и калорийность мяса жеребят якутской лошади для производства национальных видов мясных полуфабрикатов. В кн. Роль сельскохозяйственной науки в стабилизации и развитии агропромышленного производства Крайнего Севера. Новосибирск: 2003, с. 191-192.
9. Организация наблюдения за беременными женщинами, роженицами и кормящими матерями с целью обеспечения полноценного грудного вскармливания детей. МР 2016.

## **ПРОБЛЕМЫ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ И ВАЛОРИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТРАДИЦИЙ И КУЛЬТУРЫ ПИТАНИЯ НАРОДОВ АРКТИКИ И СЕВЕРА**

*У.М. Лебедева, Д.М. Винокурова, И.З. Борисова, А.М. Дохунаева, М.Н. Петрова*  
ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
г. Якутск, ulev@bk.ru

### ***Актуальность проблемы.***

В комплексе систем жизнеобеспечения любого этноса основная роль принадлежит пище как одной из составляющей повседневной витальной потребности человека. На общественном уровне этническая культура питания часто характеризуется как стабильное, устойчивое явление [2]. Но с течением времени этническое питание наряду с другими компонентами традиционной культуры подвергается трансформации в соответствии с изменениями окружающей природной и социальной сред, с изменением образа жизни, быта, социально-экономического развития общества и др. Так, в течение XX в. Россия прошла период кардинальных экономических, социальных и политических трансформаций, что не могло не сказаться на развитии коренных малочисленных народов Севера, на их традиционной хозяйственной деятельности, что в первую очередь привело к трансформации этнических культур этих народов, в том числе культуры питания.

В настоящее время наблюдается обогащение кухни народов Севера традиционными блюдами других народов. Но при всем этом пища продолжает оставаться в целом традиционной. Предпочтение отдается мясным и рыбным блюдам. Основные привозные продукты, такие как мука, хлеб, соль, чай, макаронные изделия, растительное масло, к середине XX в. приобрели статус традиционных [3].

Сегодня в сфере оказания услуг общественного питания функционируют рестораны, кафе и другие заведения с этническим ассортиментом предлагаемых блюд. Это китайская, японская, узбекская, кавказская, татарская, русская и др. При этом ощущается отсутствие навыков организации предприятий этнического направления, слабое качество знаний этнокультурных традиций питания, нехватка высококвалифицированных специалистов отрасли, готовых осуществлять функции этноэтикета в общественном питании. В связи с этим появляется необходимость изучения роли этнокультурных традиций в организации общественного питания [1].

#### **Материалы и методы.**

Сотрудники Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова совместно с Университетом имени Франсуа Рабле (Франция) в 2018 году провели социологическое исследование с целью рассмотрения изменений в культуре и традициях питания народов, проживающих в северных и арктических территориях Российской Федерации. В исследовании использованы опросники, разработанные социологами, этнографами, филологами и медицинскими работниками.

В опросе участвовали работники общественного питания города Якутска, ресторанов, кафе, столовых, чайных, буфетов. Были опрошены 256 человек в возрасте 18-19 лет (40,6 %) и 30-34 лет (37,5 %). По 9,4 % опрошенных составляли респонденты в возрасте 20-24 и 35-39 лет и всего 3,1 % опрошенных составили в возрасте 55-59 лет.

#### **Результаты исследования.**

От общего количества респондентов 59,4 % составили женщины, 40,6 % – мужчины. Из них 56,2 % оказались представители якутской национальности, русской – 34,4 %. На долю представителей малочисленных народов Севера выпало 6,3 % и других народностей – 3,1 % работников общепита.

Среди опрошенных уровень образования соответствовал высшему – у 25 %, незаконченному высшему – у 15,6 %, среднему – у 25 %, неполному среднему – у 3,2 %. 9,4 % респондентов получали второе высшее образование и проходили обучение в аспирантуре.

Большинство респондентов работали в ресторанах (84,4 %), 12,5 % - в кафе, 3,1 % – в буфетах, чайных. По занимаемой должности в учреждении опрошенные были разделены на управленцев (руководители, менеджеры, администраторы) – 25 %, финансово-экономических работников – 9,4 % и большинство опрошенных занимались технико-технологической деятельностью (65,6 %), работали зав. производствами, технологами, поварами, буфетчицами, официантами.

Были заданы вопросы, указывающие мнение посетителей или гостей ресторанов на оценку пищевых привычек и их пищевое поведение. На вопрос, какую еду предпочитают посетители учреждения, где они работают, работники общепитов ответили, что их посетители большинство выбирают европейскую и восточную кухню, например, очень часто заказывают купажоу, хинкали, хачапури, салаты. При этом, они объясняют наличие большого выбора этих продуктов и блюд. Около 10 % посетителей связывали свой выбор с большим объемом предлагаемого продукта или блюда, или посетители брали продукт или блюдо из-за интереса.

На вопрос, есть ли фирменные блюда, которые готовятся только у них, 87,5 % опрошенных ответили положительно, а 12,5 % отрицали наличие таких продуктов и блюд. Среди этих фирменных блюд какую долю занимали национальные продукты и блюда, респонденты ответили следующим образом (Табл. 1).

Таблица 1 – Доля национальных продуктов и блюд

Продукты	Национальные блюда	От общего количества, в %
Мясные	из жеребятины, харта, кровяная колбаса, из оленины, халахаты, ойогос, из языка, зайчатину,	75

Продукты	Национальные блюда	От общего количества, в %
	дичь	
Рыбные	строганина, вяленая рыба, юкола, жареные караси, салат из мороженой рыбы «Индигирка»	65,6
Молочные	суорат, куерчэх, кумыс, сүүмэх (сыр), чохоон (масло, сбитое с молоком и ягодами), кэбүөр (масло, сбитое с молоком до образования густого крема)	3,1
Крупяные		-
Из дикорастущих местных ягод	брусники, смородины, голубики, земляники, морошки, клюквы, дикого лука, щавеля	18,8
Мучные (кондитерские) изделия	оладьи, лепешки, лапшу, саламат	25,0
Чай, напитки		6,3
Другие продукты и блюда		3,1

На вопрос, как респонденты считают о трансформации традиций питания Саха и народов Севера за последние 5 – 6 лет, 84,4 % ответили, что очень сильно изменились национальные традиции и культура питания. Среди них, половина опрошенных ответили, что население стало больше покупать полуфабрикаты, 12,3 % – меньше потребляют мясные блюда и больше потребляют кондитерские изделия, 18,7 % – больше потребляют овощные блюда и фрукты, 6,7 % ответили, что ничего не изменилось.

#### ***Заключение.***

Таким образом, проведенное социологическое исследование по изучению традиционного питания и национальных кухонь саха и народов Севера среди работников общественного питания показало о серьезных изменениях в структуре рассматриваемых вопросов, которые негативно сказываются в реализации всей системы питания населения, проживающих на северных и арктических территориях.

В связи с чем необходимо актуализировать данный вопрос на государственном уровне. Предприятия общественного питания являются ключевыми звеньями в области популяризации культуры и традиций питания. Поэтому результаты данного исследования должны стать основополагающим к выработке рекомендаций по оптимизации структуры национальной кухни народов Севера и Арктики.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственных заданий Минобрнауки России (№17.6344.2017/БЧ) и научного проекта РФФИ (№17-21-08001).*

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Арутюнов С.А. Введение // Этнография питания народов стран зарубежной Азии, 1981
2. Ёсида Ацуси. Культура питания гыданских ненцев (интерпретация и социальная адаптация). М.: Изд-во РАН, 1997. 252 с.
3. Харючи Г.П. Традиции и инновации в культуре ненецкого этноса. Томск: Изд-во ТГУ, 2001. 225 с.

## АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА

*Е.А. Меньшикова, Л.К. Добродеева*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова РАН, г. Архангельск, vesaur24@yandex.ru

Иммунологическая реактивность на Севере заслуживает особого внимания в виду дискомфортных климатических условий жизни. Климат Севера для проживания человека является дискомфортным по дефициту тепла, дефициту освещенности, напряженности иономагнитного возмущения и чрезвычайной степени смены климатических параметров [1]. Известно, что под влиянием холода уменьшаются количественные и качественные показатели клеточного иммунитета с меньшим на 10-15% числом Т-хелперов и Т-супрессоров и общим снижением функциональной активности Т-лимфоцитов [2]. Иммунная система контролирует постоянство внутренней среды человека и является интегральным показателем здоровья. Высокий уровень заболеваемости на Севере обусловлен, в первую очередь, формированием экологически зависимых вторичных иммунодефицитов [3]. Так, болезни системы пищеварения широко распространены среди населения северных территорий, уровни первичной и общей заболеваемости значительно выше по сравнению с таковыми в среднем по РФ [4]. Установлено, что у жителей северных территорий Российской Федерации снижается резистентность желудочно-кишечного тракта и вызывает повышенный уровень функционального нарушения пищеварительной системы.

В работе проведено обследование взрослых лиц Севера (Арктический регион - поселок Нельмин Нос и г. Архангельск) в возрасте от 35 до 60 лет. Исследования проведены в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2000). Лабораторный анализ проведен на базе ИФПА ФГБУН ФИЦКИА РАН и медицинской компанией «Биолам», г. Архангельск. Забор крови производился натощак в утренние часы. Обследование включало изучение фенотипов лимфоцитов, характеризующих процессы активизации, дифференцировки и апоптоза иммунокомпетентных клеток - непрямой иммунопероксидазной реакцией с использованием моноклональных антител (НПЦ «МедБиоСпектр», Россия) и методом проточной цитометрии (Epics XL, США) реактивами «Immunotech a Beckman Coulter Company» (Франция). Количество и соотношение клеток гемограммы подсчитывали в мазках крови, окрашенных по методу Романовского-Гимза. Уровень содержания гастрин-17, нейромедиатора SP, гистамина, ферментов пищеварения, а также иммуноглобулинов и цитокинов в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа. Приготовление мазков отделяемого слизистых осуществлялось набором реагентов для окраски по Грамму - ТУ 9389-083-70423725. Оценку состава и количества микрофлоры осуществляли при помощи микроскопии и бактериологическими методами. Анализ состояния заболеваемости жителей северных территорий РФ оценивали с помощью специально разработанных анкетных данных и проводили медицинский осмотр специалистами медицинской компании «Биолам». Анализ полученных результатов анализировали в зависимости от уровня содержания показателей пищеварения, а также от заболеваемости ЖКТ и особенностей питания жителей Севера. Результаты исследования обработаны с использованием программы Statistica 6.0. Проверку нормальности распределения количественных показателей осуществляли при помощи критерия Шапиро-Уилка. Для оценки полученных данных манипулировали методами описательной статистики с определением средней величины (M), величины средней ошибки (m). Полученные результаты сопоставляли с нормативными значениями, разработанными для лиц, проживающих на Севере [5].

Статистическую значимость различий между выборками выявляли при помощи t критерия Стьюдента и с использованием непараметрических методов – Манна-Уитни; достоверность различий применялась при значимости  $p < 0,05-0,001$ . Корреляционный анализ (r) проводился по методу Пирсона [6].

Цель исследования – выявить взаимосвязь влияния медиаторов пищеварения, состояния местного иммунитета на активность системных иммунных реакций жителей северных территорий РФ.

Полученные научные данные позволяют считать, что уровень содержания медиаторов пищеварения в периферической крови оказывают существенное влияние на состояние системных и местных иммунных реакций. Гастрин-17 относится к важным эндогенным гормонам, от которого зависит не только физиологические функции желудка, но и развитие патологических процессов в нем, в том числе язвообразование [7]. У обследуемых жителей Арктической территории (п. Нельмин Нос) отмечен дефицит содержания в сыворотке крови пептидного гормона желудка ( $2,09 \pm 0,54$  пмоль/л,  $p < 0,001$ ) в  $86,36 \pm 1,05$  % случаев. Значительная доля дефицита гастрин-17 ( $< 3,0$  пмоль/л) регистрировалась при заболеваниях желудочно-кишечного тракта (в  $69,4$  % случаев), необходимого для физиологического процесса переваривания в пищеварительной системе. Болезни органов пищеварения у жителей Арктического региона занимают основное место среди структуры заболеваемости ( $41,49$  %), анализируемой по анкетным данным и медицинскому осмотру специалистами МК «Биолам» (рис. 1). Среди лиц Заполярья выше частота регистрации болезней толстого кишечника – колиты (в  $41,27 \pm 1,23$  % случаев) при дефиците содержания гастрин-17 ( $1,84 \pm 0,05$  пмоль/л). У большинства лиц Заполярья имеются в достаточной степени предпосылки недостаточности моторики ЖКТ и снижения толерантности к пищевым антигенам. Известно, что высокий уровень заболеваемости обусловлен недостатками защитных иммунных механизмов. При нарушении процессов пищеварения, в основном при язвенной болезни ЖКТ, у жителей Севера наблюдали недостаточность содержания нейромедиатора SP ( $< 1,0$  нг/мл) в  $88,46$  % случаев.

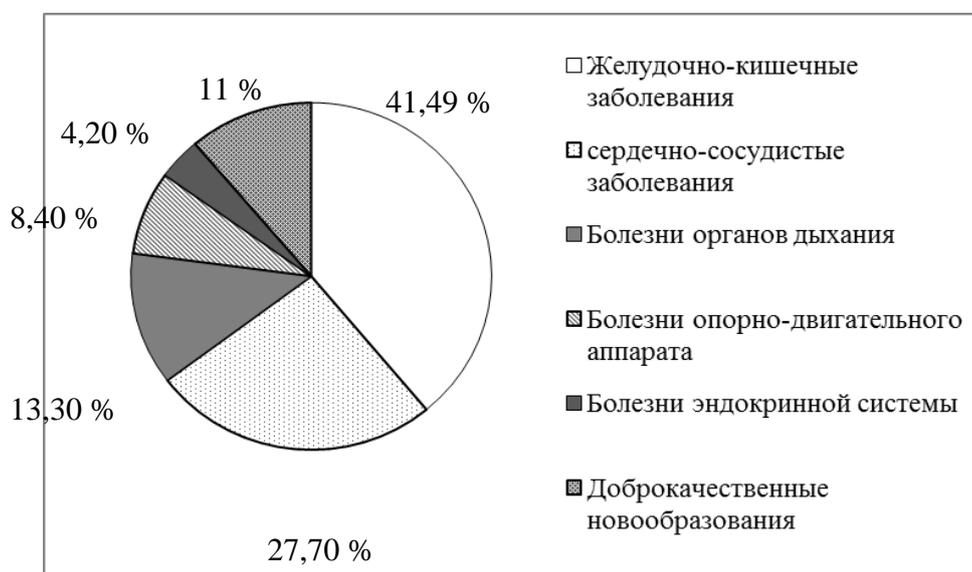


Рис. 1 Структура заболеваемости жителей Арктического региона (%)

Известно, что недостаточность содержания нейромедиатора SP обуславливает дефицит активности васкулярной сети и микроциркулярного русла [8], что оказывает влияние на формирование острых стрессовых гастродуоденальных язвенных процессов.

Дефицит содержания в крови медиаторов пищеварения влияют на формирование иммунодефицитного состояния. При этом выявлен реактивный

механизм защиты при увеличении среднего содержания IgE ( $114,9 \pm 5,8$  против  $64,77 \pm 6,85$  Ед/мл,  $p < 0,01$ ), вазомоторного амина – гистамина ( $2,41 \pm 0,24$  нг/мл; у 59,6 % обследуемых лиц регистрируется повышенные его концентрации по сравнению с референтными значениями – 0,3-1 нг/мл) и лимфоцитов с фенотипом CD23<sup>+</sup> ( $0,54 \pm 0,04$  против  $0,43 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л,  $p < 0,05$ ). Более высокие концентрации IgE, выполняющие по существу роль местных антител, компенсируют сокращение количества секреторных IgA в отделяемом слизистой кишечника, обеспечивая защиту слизистых оболочек ( $0,56 \pm 0,06$  г/л). Увеличение содержания вазомоторного амина в крови у жителей Заполярья связано с повышенным уровнем паразитарного инфицирования ( $26,79 \pm 1,15\%$  случаев), рационом питания и более частым распространением алкоголизма ( $39,76\%$  случаев).

Таким образом, низкий уровень содержания гастрин-17 формирует риск развития регинового механизма защиты на фоне дефицита среднего содержания нейропептида SP.

Кроме того, иммунный статус человека, проживающего в дискомфортных климатических условиях Заполярья, отличается более высоким уровнем регистрации дефицита зрелых Т-клеток (CD3<sup>+</sup> -  $0,50 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л), а также активностью клеточно-опосредованных реакций (цитотоксических лимфоцитов (CD8<sup>+</sup>) -  $0,55 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л и киллерных клеток (CD16<sup>+</sup>) -  $0,51 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л) на фоне активизации цитокиновых процессов. Активность клеточно-опосредованной способности иммунокомпетентных клеток при дефиците пептидного гормона желудка является компенсаторной реакцией Т-хелперного дефицита (CD4<sup>+</sup> -  $0,46 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л). Так как количество зрелых клеток (CD3<sup>+</sup>) снижается, поэтому процесс дифференцировки зрелых гранулоцитов может быть подавлен, поскольку секреторная функция незрелых клеток недостаточна. Показано, что рацион питания жителей северных регионов также является важным фактором, оказывающим непосредственное влияние на состояние организма в целом и активность отдельных процессов [9]. Так, преимущественно зерновое (растительно-углеводное) питание (хлеб, каша) ассоциировано с высоким уровнем регистрации дефицита в крови Т-хелперов ( $0,36 \pm 0,04 \cdot 10^9$  кл/л при физиологическом пределе содержания от  $0,4 \cdot 10^9$  кл/л) с выраженным дефицитом гастрин-17 ( $1,16 \pm 0,21$  пмоль/л) [10]. Установлено, что у жителей Арктического региона по сравнению с лицами г. Архангельска выше в 1,5 раза регистрация Т-хелперных (CD4<sup>+</sup>) дефицитов и признаков инфекционной гиперчувствительности. У жителей Заполярья при дефиците пептидного гормона отмечена функциональная недостаточность нейтрофильных гранулоцитов в крови (менее  $2,0 \cdot 10^9$  кл/л), что в 1,7 раз ниже, чем у лиц г. Архангельска, компенсируя повышением интенсивности фагоцитоза до  $5,05 \pm 0,19$  ед/кл с дефицитом фагоцитарной защиты до  $48,3 \pm 1,02\%$  и активностью моноцитов до  $0,59 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л. Напротив, содержание палочкоядерных нейтрофилов было выше в 2 раза у жителей НАО ( $0,42 \pm 0,03$  против  $0,25 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л,  $p < 0,01$ ), что свидетельствует о выходе в кровь незрелых форм нейтрофилов. Известно, что дефицит активности реакций иммунокомпетентных клеток ассоциируется со снижением эффективности защиты от антигенов [1, 3].

На Севере распространены деструктивные воспалительные процессы и хроническое течение заболевания, регистрируется склонность к генерализации инфекции, что свидетельствует о недостаточности местного иммунитета [3, 11]. Известно, что патогенез заболеваний гастродуоденальной зоны отводится нарушению равновесия между кислотно-протеолитической агрессией и местным барьером слизистой оболочки [12]. Местные иммунные реакции в Заполярье характеризуются значительным увеличением анаэробных представителей и гноеродных кокков: бациллы ( $10^4$ /г), энтерококки ( $10^7$ /г,  $p < 0,05$ ), действие которых нарушают пищеварительную активность кишечника. Кроме того, отмечен высокий уровень паразитарного инфицирования ( $26,79 \pm 1,15\%$ ) и повышенное содержание грибов рода *Candida* ( $30,12$

%), что повышает риск развития воспалительных процессов. Отмечено, что у жителей г. Архангельска заметно ниже частота регистрации признаков паразитарного инфицирования ( $13,39 \pm 1,82$  % случаев). Дисбактериоз толстого кишечника у жителей северных регионов наблюдается в 34,64 % случаев, а также дискинезия желчевыводящих путей ( $3,01 \pm 0,01$  %) и ферментопатия. Содержание облигатной микрофлоры у лиц Заполярья на 2-4 порядка ниже; дефицит кишечной палочки наблюдали в 83,34% случаев, молочных бактерий и бифидобактерий регистрировали в 85,29 и 76,54 % случаев, соответственно. Отмечено снижение относительного содержания сорбционной активности эпителия в отделяемом толстого кишечника –  $59,12 \pm 1,53$  % бактерий на клетку, а также % активных фагоцитов –  $46,53 \pm 1,44$ % ( $r=0,61$ ) при повышенном уровне содержания ЦИК –  $3,38 \pm 0,08$  г/л.

Дефицит пептидного гормона желудка и недостаток функциональной активности органов пищеварения нарушают секрецию пищеварительных ферментов. Так у жителей приполярного региона при повышенном содержании  $\alpha$ -амилазы ассоциировано с активизацией клеточно-опосредованной цитотоксичности на фоне повышенного уровня натуральных киллеров ( $CD16^+$  -  $0,51 \pm 0,02 \cdot 10^9$  кл/л) и цитотоксических лимфоцитов ( $CD8^+$  -  $0,59 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л). Отмечен повышенный уровень фактора некроза опухоли -TNF- $\alpha$  ( $82,07 \pm 0,18$  пг/мл,  $r=0,68$ ). Высокий уровень содержания в сыворотке крови трансаминаз (аспартатаминотрансфераза-АСТ и аланинаминотрансфераза - АЛТ) способствуют формированию антителообразования по реактиновому типу ( $142,22 \pm 1,92$  и  $111,63 \pm 1,07$  Ед/мл, соответственно) на фоне высокого уровня TNF- $\alpha$  ( $61,59 \pm 1,31$  и  $57,37 \pm 0,28$  пг/мл, соответственно). Известно, что реактины обуславливают повышенную проницаемость кишечной стенки и потерю толерантности к пищевым антигенам [13]. При повышенном уровне содержания ферментов пищеварения наблюдается снижение % активных фагоцитов ( $43,92 \pm 1,09$ %), что сопровождается повышением уровней содержания ЦИК (в среднем  $3,57 \pm 0,62$  г/л). Показано, что повышенное содержание ферментов пищеварения инициируют иммунные реакции с увеличением клеточно-опосредованной цитотоксичности, сопряженной с реактиновым типом антителообразования и повышенным содержанием TNF- $\alpha$  и ЦИК.

Таким образом, у жителей северных территорий РФ регистрируется перенапряжение иммунной системы, которое приводит к сокращению резервных возможностей регуляции иммунного гомеостаза и формированию экологически зависимого вторичного иммунодефицита. У значительного числа лиц Арктического региона снижается активность барьерных органов, сорбционной способности эпителия слизистых, желез слизистой желудка, моторики желудочно-кишечного тракта и как следствие формируются нарушения активности иммунных реакций. Недостаточность вазомоторной функции ЖКТ в результате дефицита содержания гастрин-17 и нейромедиатора SP у лиц северных территорий ассоциирована с риском развития антителообразования по реактиновому механизму защиты. Учитывая, что на Севере выше уровень заболеваемости и регистрация вторичных экологически зависимых иммунодефицитов, полученные данные, на наш взгляд, необходимы при организации рационального питания и сохранения здорового образа жизни для лиц, подвергающихся влиянию дискомфортных факторов при работе и проживанию в условиях Арктики. Поскольку физиологические возможности организма человека небеспредельные, постоянный климато-экологический стресс в условиях северных территорий сокращает резервные возможности организма и увеличивает риск развития патологических состояний. Полученные данные дадут возможность научно обосновать лечебно-профилактические мероприятия, в этих ситуациях эффективно использование энтеросорбентов иммуномодуляторов растительного происхождения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добродеева Л.К., Самодова А.В., Ставинская О.А., Меньшикова Е.А. и др. Состояние здоровья и иммунологическая реактивность у работающих в условиях Арктики / Материалы Международной российско-норвежской научной конференции. Архангельск. 2013. С. 116-121.
2. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 1998.
3. Добродеева Л.К., Жилина Л.П. Иммунологическая реактивность, состояние здоровья населения Архангельской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. ISBN 5-7691-1480-0.
4. Никифоров Н.А., Карапетян Т.А., Доршакова Н.В. Оценка заболеваемости язвенной болезнью населения европейского Севера России // Экология человека. 2015. № 12. С. 53-58.
5. Пределы физиологического колебания в периферической крови метаболитов, гормонов, лимфоцитов, цитокинов и иммуноглобулинов у жителей Архангельской области: информационные материалы / под ред. Л.К. Добродеевой. / Архангельск, Изд. Центр СГМУ, 2005. 52 с.
6. Сергиенко В.И., Бондарева И.Б. Математическая статистика в клинических исследованиях. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. 304 с.
7. Kekki M., Samloff I.M., Varis K., Ihama T. Serum pepsinogen I and serum gastrin in the screening of severe corpus gastritis / Scand. J. Gastroenterol. 1991. Vol. 186. P. 109-116.
8. Culman G., Tschope C., Jost. N. Substans P and neirokinin A induced desensitization to cardiovascular and behavioral effects / Brain Res. 1993. Vol. 625. P. 75-83.
9. Daly J.M., Lieberman M.D., Goldfine J., Shou J., Weintraub F., Rosato E.F., Lavin P. Enteral nutrition with supplemental arginine, RNA, and omega-3 fatty acids in patients after operation: immunologic, metabolic, and clinical outcome / Surgery. 1992. Vol. 112(1). P. 56-67.
10. Меньшикова Е.А., Добродеева Л.К., Ставинская О.А. Способ выявления риска формирования Т-хелперного иммунодефицита по преимущественному типу питания / Патент на изобретение RUS 2623992. Оpubл. 29 июня 2017.
11. Чижмотря Н.М., Коленчкова О.А., Парилова О.В. Особенности иммунитета у лиц с хроническими воспалительными заболеваниями носа и околоносовых пазух, проживающих в экологически неблагоприятных районах / Медицинская иммунология. 2005. Т. 9, № 2–3. С. 315.
12. Циммерман Я.С. Гастроэнтерология. М., 2012. 800 с.
13. Добродеева Л.К., Штаборов В.А., Меньшикова Е.А. Толерантность к пищевым антигенам / Вестник Уральской медицинской академической науки. 2017. Т. 14. № 4. С. 341-354.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЛИМФОИДНЫХ КЛЕТОК У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

О.С. Морозова<sup>1</sup>, Е. В. Поповская<sup>1, 2, 3</sup>, Т.Б. Сергеева<sup>1</sup>, М.В. Некрасова<sup>1</sup>, Е.М. Дюжикова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, olia.morozow2011@yandex.ru

<sup>2</sup>Первая горбольница им. Е. Е. Волосевич, г. Архангельск, miakati15@gmail.com

<sup>3</sup>Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск.

<sup>4</sup>Национальный медицинский университет имени А.А.Богомольца, г. Киев, narinede@mail.ru

### *Актуальность работы.*

Интенсивное промышленное освоение природных ресурсов Ямало-Ненецкого автономного округа ведет к значительной техногенной нагрузке на окружающую среду. Локально накопленные значительные количества опасных отходов, региональные и местные источники токсических веществ, глобальный перенос опасных загрязнителей с атмосферными, морскими и речными потоками представляют угрозу уязвимой арктической природной среде.

К факторам негативного воздействия относятся загрязнения атмосферного воздуха выбросами попутного нефтяного газа, поверхностных и подземных вод нефтепродуктами, нарушение и загрязнение почвенного покрова строительными и шламовыми отходами, отработавшими изделиями из металла, технологическими и аварийными сбросами, химическими реагентами и буровыми растворами. Суммарный индекс экологической нагрузки на природные среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа значителен и приравнен к критическому уровню.

Химические загрязняющие вещества способны к биоаккумуляции - накоплению в организме человека, причем возможно не только суммирование, но и потенцирование биологических эффектов, в основе которых наступает нарушение гомеостаза и повреждение системы метаболических, иммунных и генетических механизмов [1, 2]. Здоровье населения, проживающего на арктических территориях, уязвимо и находится под влиянием не только экологических, но и суровых природно-климатических факторов. Низкие температуры воздуха, возмущения магнитного поля Земли, дефицит солнечной инсоляции, низкое содержание биологически необходимых веществ в питьевой воде, деструктивные поведенческие факторы оказывают влияние на функциональные системы организма и могут усиливать токсические эффекты, связанные с воздействием загрязняющих веществ [1, 3, 4, 5]. Известно, что геомагнитные факторы оказывают существенное влияние на вегетативную регуляцию, эффективность усвоения кислорода, задержку межклеточной жидкости, что закономерно влияет на работоспособность, внимание, сон, стрессоустойчивость. При анализе данных геомагнитной обстановки и других космических факторов у 85% жителей округа видна теснейшая связь таких нарушений самочувствия с динамикой показателей, характеризующих геомагнитную активность и другие факторы космической погоды [4]. К территориям «риска» по загрязнению питьевой воды централизованных систем водоснабжения относятся ЯНАО и Республика Саха. Ямало-Ненецкий автономный округ представляет особую зону риска по уровню загрязнения питьевой воды железом и марганцем (превышает предельно допустимые уровни в 5 раз и более). Фактор микробиологического загрязнения водных объектов на арктических территориях РФ представляет опасность для здоровья человека в Ямало-Ненецком автономном округе. В ЯНАО -29,4% проб не соответствует гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям [6].

Длительное проживание в условиях Севера приводит к снижению резервов приспособительных возможностей современного человека и способствует

возникновению существенных сдвигов в физиологическом состоянии организма, особенно в тех системах и органах, в которых наиболее выражены адаптивные перестройки. Экстремальный характер климатических и экологических факторов является основой для формирования региональных особенностей патологии. Изучение состояния иммунитета в различных условиях среды проживания является важной частью эколого-иммунологических исследований [7].

#### **Материалы и методы исследования.**

Проведен комплекс иммунологического обследования 25 женщин, в возрасте 35-53 лет, проживающих в г. Надым Ямало-Ненецкого автономного округа. Определяли концентрацию в крови фенотипов лимфоцитов ( $CD16^+$ ,  $CD25^+$ ,  $CD71^+$ ,  $CD95^+$   $HLADR^+$ ), в непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител (НПЦ «МедБиоспектр», г. Москва) на препаратах лимфоцитов типа «высушенной капли»; проведен анкетный опрос по специально разработанным вопросам. Математический анализ результатов исследования проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica 6.0» и «Microsoft Excel». Корреляции между показателями определяли с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена с определением коэффициента корреляции ( $r$ ) и оценкой его достоверности. Статистическая достоверность присваивалась при значении  $p < 0,05$ .

#### **Основные результаты.**

По результатам исследований отмечено, что среднее содержание натуральных киллеров ( $CD16^+$ ) у обследованных женщин города Надыма Ямало-Ненецкого автономного округа находится выше общепринятых физиологических границ и составляет  $0,55 \pm 0,04 \cdot 10^9$  кл/л., повышенные уровни ( $CD16^+$ ) установлены у  $64,00 \pm 3,18\%$  обследованных лиц. На фоне высокого содержания ( $CD16^+$ ), концентрации клеток с рецептором к трансферрину ( $CD71^+$ ) у женщин в среднем составляют  $0,47 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л., повышенные средние уровни встречаются у  $16,00 \pm 1,59\%$  женщин. Определяли концентрации клеток с рецепторами к апоптозу ( $CD95^+$ ) у обследованных женщин ЯНАО, показатель находится в пределах общепринятых физиологических норм  $0,50 \pm 0,04 \cdot 10^9$  кл/л., при этом у  $44,00 \pm 2,64\%$  лиц установлены повышенные средние значения апоптоза (рис.1). Уровень среднего содержания фенотипов с рецептором к IL -2 ( $CD25^+$ ) находится на верхней границе общепринятых физиологических норм, в среднем составляет  $0,50 \pm 0,04 \cdot 10^9$  кл/л., повышенные уровни регистрируются у  $32,00 \pm 2,25\%$  женщин. У  $32,00 \pm 2,25\%$  обследованных людей отмечено снижение фенотипов  $HLADR^+$  с рецепторами к антигенам главного комплекса гистосовместимости класса II, среднее содержание составило  $0,49 \pm 0,03 \cdot 10^9$  кл/л (рис.2).

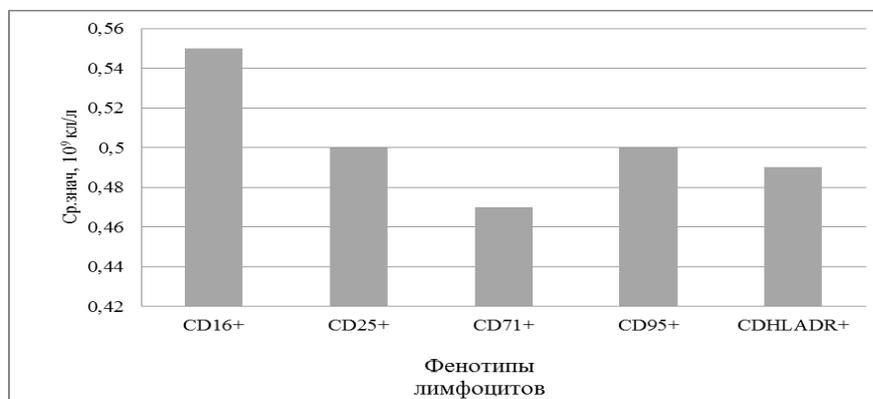


Рис. 1 - Концентрации фенотипов лимфоцитов в периферической крови женщин Ямало-Ненецкого автономного округа

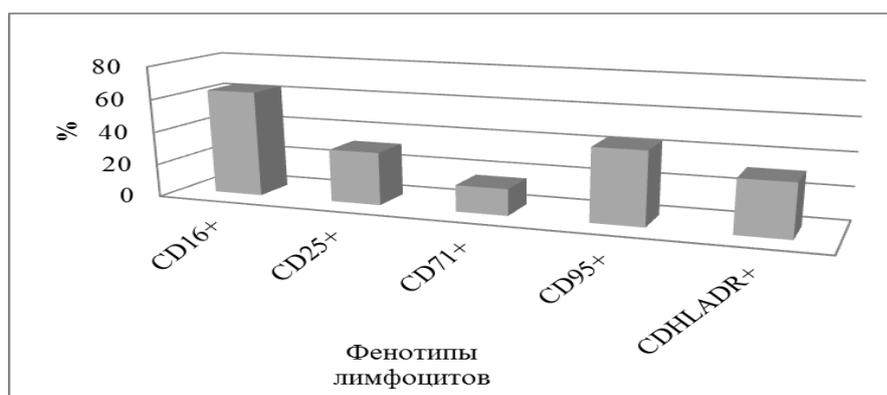


Рис.2 - Частота регистраций дисбалансов субпопуляций лимфоцитов у обследованных женщин Ямало-Ненецкого автономного округа

При корреляционном анализе в группе обследованных женщин, отмечены прямые сильные и средние взаимосвязи между CD16<sup>+</sup> и CD71<sup>+</sup> ( $r=0,71$ ;  $p<0,05$ ); CD16<sup>+</sup> и CD95<sup>+</sup> ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ ); CD16<sup>+</sup> и HLADR<sup>+</sup> ( $r=0,75$ ;  $p<0,05$ ); CD71<sup>+</sup> и CD95<sup>+</sup> ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ); CD71<sup>+</sup> и HLADR<sup>+</sup> ( $r=0,77$ ;  $p<0,05$ ); CD95<sup>+</sup> и CD25<sup>+</sup> ( $r=0,71$ ;  $p<0,05$ ); CD95<sup>+</sup> и HLADR<sup>+</sup> ( $r=0,66$ ;  $p<0,05$ ).

Таким образом, у обследованных женщин Ямало-Ненецкого автономного округа установлено сокращение резервных возможностей иммунного гомеостаза за счет повышенной активности натуральных киллеров (CD16<sup>+</sup>) у 64,00±3,18% и апоптоза (CD95<sup>+</sup>) у 44,00±2,64% обследованных лиц, на фоне дефицита HLADR<sup>+</sup> у 32,00±2,25% обследованных людей

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В. Показатели цитогенетического действия, пролиферации и апоптоза у жителей Ямало-Ненецкого автономного округа, проживающих в районах с разной техногенной нагрузкой // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т.2 . №3.- С.106-120.
2. Агбалян Е.В, Шинкарук Е.В., Касацкая Н.В. Некоторые подходы к оценке медико-экологической ситуации на территории Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. Салехард.- 2012. Вып.№4(77). С.3-7.
3. Терещенко П.С., Петров В.Н. Особенности заболеваемости населения Арктического региона // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. Изд-во «Научный центр изучения Арктики». Салехард. 2018.- №1(98). С. 71-74.
4. Лобанов А.А. Медицинские, биологические и экологические исследования ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» в 2015 году // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. Изд-во «Научный центр изучения Арктики». Салехард. 2015. №4(89). С. 3-13.
5. Морозова О.С., Филиппова О.Е., Шашкова Е.Ю. Реакции адаптивного иммунитета жительниц Крайнего Севера // Вестник уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. №2. С. 285-290.
6. Агбалян Е.В. Состояние окружающей среды в Арктике // Успехи современного естествознания. Изд-во «Академия Естествознания». 2011. №4. С. 74-76.
7. Щеголева Л.С., Сергеева Т.Б., Шашкова Е.Ю., Филиппова О.Е. Иммунный гомеостаз у кочующего и оседлого населения Европейского Севера России: Федер. гос. бюджет. учреждение науки. Ин-т физиологии природ. адаптаций Урал. отд-ния Рос. акад. наук.- Архангельск.- 2016.- 102с.

## РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ С МАРКЕРОМ К ТРАНСФЕРРИНУ

*В.П. Патракеева, Л.К. Добродеева, В.А. Штаборов*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, [patrakeewa.veronika@yandex.ru](mailto:patrakeewa.veronika@yandex.ru)

Трансферриновый рецептор широко экспрессируется на незрелых клетках, тканях плаценты и быстро делящихся клетках, как в норме, так и при опухолях. Поэтому повышение экспрессии гена молекул CD71 можно рассматривать как маркер ранней активизации клетки и стимуляции её к пролиферации. Активность рецептора к трансферрину резко увеличивается в условиях недостаточности энергетического ресурса клетки, в ситуациях повышенной потребности внутриклеточного железа и при тканевой гипоксии. Лимфоциты начинают активно синтезировать IL-2 сразу после появления мембранного рецептора к трансферрину, кроме того, и сам трансферрин активирует выработку IL-2 и синтез ДНК, который является основным объективным этапом пролиферации. Наличие CD71 на злокачественных клетках обеспечивает преимущества для их роста и, следовательно, создает условия для более активного метастазирования и рецидивирования [1]. Соединения железа являются костимуляторными агентами Т-клеточной пролиферации и индуцируют снижение экспрессии CD71 [2, 3, 4, 5]. Но, экспрессия CD71 регулируется не только наличием железа, но также внеклеточным и внутриклеточным оксидативным стрессом, индуцированным активными формами кислорода, такими как H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и NO [6, 7]. Активные формы кислорода (ROS) вовлечены в апоптоз бластных Т-клеток и гибридом используя антиоксиданты, такие как N-ацетил цистеин и глутатион [8, 9]. Известно, что наличие рецептора для трансферрина означает потребность клетки в железе для получения дополнительного ресурса энергии, приводя к метаболической переориентации и способствуя поступлению дополнительного железа в клетку. Поэтому экспрессию маркера CD71 можно рассматривать как маркер ранней активизации клетки, стимуляции её активизации к пролиферации. Известно, что экспрессия CD71 (в 65%), также, как и CD25 (в >80%) характерна для большинства пролиферирующих клеток. CD71<sup>+</sup> не экспрессируется на покоящихся лимфоцитах. Около 70% CFSE<sup>dim</sup>CD25-клеток экспрессируют CD71<sup>+</sup> [10].

Действительно, увеличение содержания CD71<sup>+</sup> связано с повышением числа активированных Т-, В-клеток и цитотоксических лимфоцитов и даже общее количество циркулирующих лимфоцитов заметно выше (2,14±0,08 и 3,15±0,21×10<sup>9</sup>к/л, p < 0,001 соответственно). Таким образом, повышение экспрессии CD71 связано не только с активизацией лимфоцитов, но с пополнением циркулирующего пула клеток периферической крови из депо (Табл. 1).

Данные множественного нелинейного регрессионного анализа, свидетельствуют о взаимосвязи активизации Т-лимфоцитов трансферрином и общего содержания зрелых Т-клеток, а также активированных лимфоцитов по IL-2 (R<sup>2</sup> = 46,6%):

$$CD71 = 0,184 + 0,598 \cdot \sqrt{CD3} + 0,362 \cdot \sqrt{CD25}$$

Таблица 1 - Оценка различий в уровнях иммунологических показателей под влиянием CD71 (M±m / (25-Me-75)).

Показатель, 10 <sup>9</sup> к/л	Нормальный уровень (n= 24)	Повышенный уровень (n= 57)
CD3 <sup>+</sup>	0,33±0,03 / (0,22-0,31-0,38)	0,65±0,04 / (0,46-0,62-0,76) ***
CD4 <sup>+</sup>	0,27±0,02 / (0,21-0,26-0,31)	0,58±0,03 / (0,43-0,53-0,70) ***
CD8 <sup>+</sup>	0,28±0,01 / (0,23-0,28-0,33)	0,56±0,03 / (0,37-0,50-0,68) ***

Показатель, 10 <sup>9</sup> кл/л	Нормальный уровень (n= 24)	Повышенный уровень (n= 57)
CD16 <sup>+</sup>	0,27±0,03 / (0,15-0,23-0,36)	0,46±0,02 / (0,29-0,43-0,58) ***
CD23 <sup>+</sup>	0,33±0,04 / (0,15-0,29-0,45)	0,55±0,03 / (0,37-0,58-0,73) ***
CD25 <sup>+</sup>	0,33±0,04 / (0,21-0,29-0,40)	0,54±0,03 / (0,36-0,51-0,68) ***
HLA-DR <sup>+</sup>	0,34±0,04 / (0,18-0,30-0,47)	0,62±0,04 / (0,39-0,58-0,75) ***
CD95 <sup>+</sup>	0,23±0,03 / (0,13-0,20-0,29)	0,39±0,02 / (0,29-0,38-0,46) ***

Примечание: \*\*\* - уровень значимости p < 0,001.

Активизация лимфоцитов происходит на фоне повышения пролиферативной способности нейтрофилов и моноцитов. Это сопровождается увеличением циркулирующего пула нейтрофилов с 4,23±0,26 до 5,63±0,46×10<sup>9</sup>кл/л (p < 0,05), главным образом за счёт палочкоядерных форм на 31,25±1,32% и в меньшей степени за счёт сегментоядерных клеток на 24,49±1,17% (Табл. 2). Что свидетельствует о выходе молодых клеток в циркуляцию.

Таблица 2 – Содержание лейкоцитов в зависимости от активизации клеток трансферрином

Показатель, 10 <sup>9</sup> кл/л	Нормальный уровень CD71 <sup>+</sup>	Повышенный уровень CD71 <sup>+</sup>
Лейкоциты	6,95±0,33	9,46±0,61 ***
Нейтрофилы	4,23±0,26	5,63±0,46 *
П/яд. нейтрофилы	0,22±0,02	0,32±0,02 ***
С/яд. нейтрофилы	4,04±0,26	5,35±0,44 **
Моноциты	0,32±0,03	0,38±0,05
Лимфоциты	2,14±0,08	3,15±0,21 **
Эозинофилы	0,22±0,04	0,24±0,06

Примечание: \*\*\* - уровень значимости p < 0,001; \*\* - уровень значимости p < 0,01; \* - уровень значимости p < 0,05.

На активизацию выхода нейтрофилов из костного мозга в периферическую кровь оказываю влияние маркеры воспаления IL-1, кахексин, GM-CSF, С3е-фактор комплемента, хемоаттрактанты (фрагменты комплемента, лейкотриен В4, IL-8 и другие факторы). При интенсивно развивающихся воспалительных процессах, в кровь может выходить большое количество молодых, малодифференцированных клеток, которые не обладают всеми свойствами зрелых гранулоцитов, поэтому наиболее глубокие сдвиги влево не способствуют защите организма и вносят дисбаланс в лейкоцитарную формулу. Часть нейтрофилов находятся в крови, часть формируют пристеночный (маргинальный) пул, наибольшее их количество определяется у эндотелия легких, желудочно-кишечного тракта, печени и селезенки. Кроме того, увеличение числа нейтрофилов в циркуляции может быть не связано с увеличением пролиферации их в костном мозге, а являться перераспределительной нейтрофилией. Однако, анализ нейтрограммы показал, что увеличение пула циркулирующих нейтрофильных гранулоцитов связано с появлением молодых форм с двумя сегментами ядра с 0,77±0,06 до 1,11±0,12×10<sup>9</sup>кл/л (p<0,01), что подтверждает зависимость активизации лимфоцитов и пролиферации нейтрофилов.

Повышенные уровни CD71<sup>+</sup> не оказывают влияния на общее содержание моноцитов в периферической крови 0,32±0,03 – при пониженном содержании CD71<sup>+</sup> и 0,38±0,05×10<sup>9</sup>кл/л – при повышенном уровне CD71<sup>+</sup>. Но, в структуре моноцитограммы значительно увеличивается число промоноцитов с 0,15±0,02 до 0,20±0,02×10<sup>9</sup>кл/л, p<0,01.

Более высокие уровни экспрессии мембранной молекулы CD71 являются отражением энергодефицита клетки, что подтверждается более низким уровнем содержания внутриклеточного АТФ в лимфоцитах 0,63±0,14 мкмоль/млн кл при CD71<sup>+</sup>= 0,47±0,02×10<sup>9</sup>кл/л, тогда как при нормальной концентрации CD71<sup>+</sup>

( $0,23 \pm 0,02 \times 10^9$  кл/л), уровни АТФ фактически в 4 раза выше и составляют  $2,23 \pm 0,37$  мкмоль/млн кл.

Полученные данные о взаимосвязи процессов пролиферации и активизации клеток миелоидного и лимфоидного ряда, свидетельствуют об общих механизмах регуляции данных процессов. Одним из вариантов такого механизма может быть цитокиновая сеть.

*Исследование проведено в ходе выполнения программы фундаментальных научных исследований «Влияние общего охлаждения на нейро-иммуно-эндокринную регуляцию гомеостаза человека» (№ АААА-А17-117033010124-7).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонова Е.В., Кадагидзе З.Г., Летягин В.П., Ермилова В.Д., Огнерубов Н.Д., Тупицын Н.Н. Экспрессия рецептора трансферрина (CD71) клетками рака молочной железы // Медицинская иммунология. 2003. Т.5. №1-2. С.143-148.
2. Kay M.B.M., Marchalonis J.J., Schluter S.F., Bosman G. Human erythrocyte aging: cellular and molecular biology // Transfusion Medicine Reviews. 1991. Vol. 3. pp. 173-195.
3. Pelosi E., Testa U., Louache F., Thomopoulos P., Salvo G., Samoggia P., Peschle C. Expression of transferrin receptors in phytohemagglutinin-stimulated human T-lymphocytes // Journal of biological chemistry. 1986. Vol. 261(7). pp. 3036-3042
4. Novogrodsky A., Suthanthiran M., Stenzel K.H. Immune stimulatory properties of metalloporphyrins // Journal of Immunology. 1989. Vol. 143. pp. 3981-3987.
5. Novogrodsky A., Suthanthiran M., Stenzel K.H. Ferro-mitogens: iron-containing compounds with lymphocyte-stimulatory properties // Cell Immunology. 1991. Vol. 133. pp. 295-305.
6. Pantopoulos K., Mueller S., Atzberger A., Ansorge W., Stremmel W., Hentze M.W. Differences in the regulation of iron regulatory protein-1 (IRP-1) by extra- and intracellular oxidative stress // Journal of Biological Chemistry. 1997. Vol. 272. pp. 9802-9808.
7. Pantopoulos K., Hentze M.W. Nitric oxide and oxidative stress (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) control mammalian iron metabolism by different pathways // Molecular and Cellular Biology. 1996. Vol. 16. pp. 3781-3788.
8. Sandstrom P.A., Mannie M.D., Buttke T.M. Inhibition of activation-induced death in T cell hybridomas by thiol antioxidants: oxidative stress as a mediator of apoptosis // The Journal of Leukocyte Biology. 1994. Vol. 55. pp. 221-226.
9. Williams M.S., Henkart P.A. Role of reactive oxygen intermediates in TCR-induced death of T cell blasts and hybridomas // The Journal of Immunology. 1996. Vol. 157. pp. 2395-2402.
10. Samarasinghe S., Mancao C., Pule M., Nawraly N., Karisson H., Brewin J., Openshaw P., Gaspar H.B., Veys P., Amrolia P.S. Functional characterization of alloreactive T-cells identifies CD25 and CD71 as optimal targets for a clinically applicable allodepletion strategy // Blood. 2010. Vol. 115(2). pp. 396-407.

#### **СОСТОЯНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПУЛА РЕЦЕПТОРОВ, ЛИГАНДОВ И ИММУНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ У ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ**

*А.В. Самодова, Л.К. Добродеева*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, annapoletaeva2008@yandex.ru

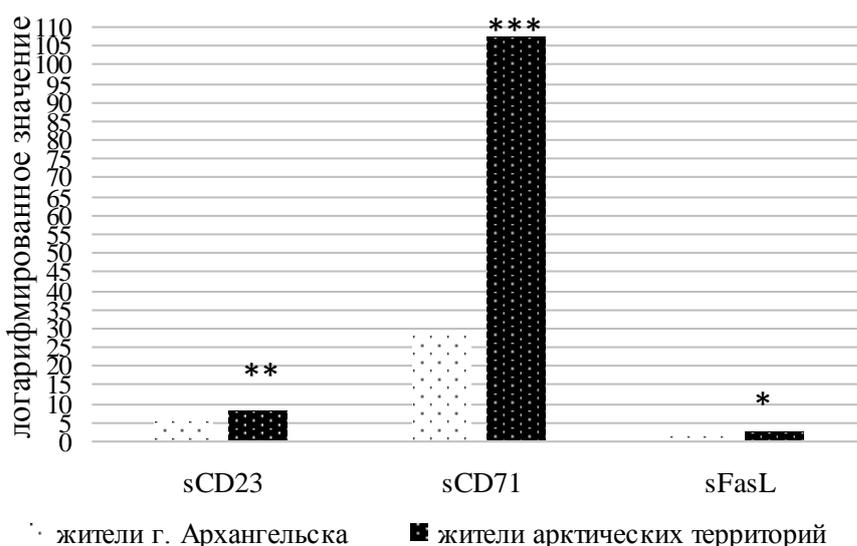
**Актуальность.** Увеличение концентраций свободных циркулирующих компонентов клетки, характеризующихся отсутствием внутриклеточного и

трансмембранного доменов, могут нарушать тонус сосудов и баланса веществ, регулирующих данный процесс. Внеклеточный пул сигнальных молекул, рецепторов и лигандов в основном сохраняет функциональную способность реагировать с лигандами, соответствующим субстратом, не обеспечивая проведения сигнала в клетку, но связывая соответствующие биологически активные вещества. Образующиеся комплексы способны к диссоциации и освобождению биологически активных компонентов с сохранением специфических свойств и функциональной их активности.

Целью работы является сравнительное изучение содержания внеклеточного пула рецепторов, лигандов и иммунологической реактивности у жителей арктических территорий и г. Архангельска.

**Материал и методы.** Проведен сравнительный анализ результатов обследования 404 лиц, проживающих на арктической территории (пос. Нельмин Нос, Красное НАО, пос. Ревда, Ловозеро Мурманской области, 293 человека) и г. Архангельска (111 человек) в возрасте от 21 до 55 лет. В сыворотке крови определяли содержание свободных рецепторов к иммуноглобулину E sCD23, трансферрину sCD71, свободного лиганда апоптоза sFasL, фактора некроза опухоли альфа (TNF- $\alpha$ ), ЦИК С1Q и ЦИК С3D методом иммуноферментного анализа на автоматическом иммуноферментном анализаторе «Evolis» фирмы «Bio-RAD» (Франция). Изучена гемограмма, фагоцитарная активность нейтрофильных лейкоцитов периферической крови, а также фенотипы лимфоцитов периферической крови (CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD10<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>, CD23<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>, HLA DR<sup>+</sup>). Статистический анализ результатов исследования проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica 7.0» («StatSoft», США).

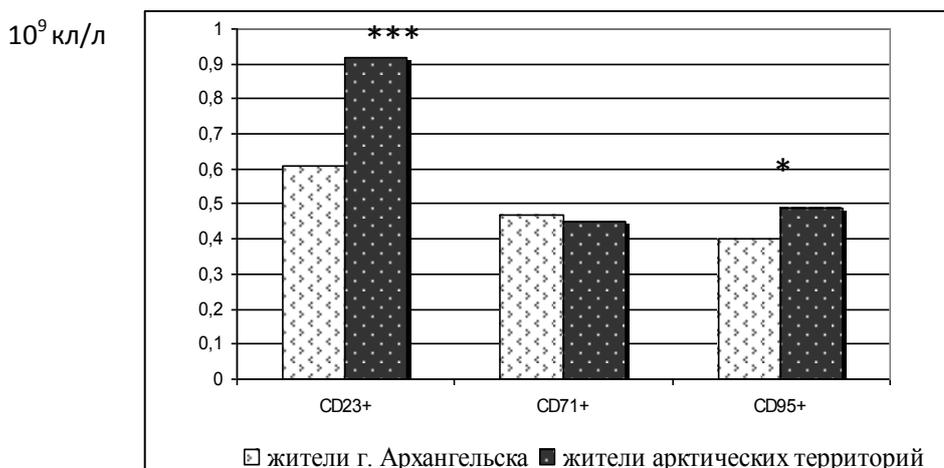
**Результаты исследований и их обсуждение.** Концентрации свободных рецепторов к Fc-фрагменту Ig (sCD23), к трансферрину (sCD71), sFasL (CD95L) в крови у жителей, проживающих на арктической территории, выше, чем у лиц, проживающих на Севере в более благоприятных климатических условиях (рис. 1), соответственно (73,88 $\pm$ 7,56 и 46,53 $\pm$ 5,36 нг/мл; 2073 $\pm$ 145 и 707 $\pm$ 53 нг/мл; 0,43 $\pm$ 0,05 и 0,31 $\pm$ 0,06 нг/мл).



Примечание: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001 – достоверность различий при сравнении с группой лиц, проживающих на арктической территории, проживающих на арктической территории.

Рис. 1 - Содержание свободных рецепторов sCD23, sCD71, sFasL у лиц, проживающих в г. Архангельске и на арктических территориях.

Повышению содержания в крови sCD23, sFasL у людей, проживающих в более дискомфортных климатических условиях, соответствует увеличение концентраций клеток с мембранными формами (рис. 2).



Примечание: \* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,001$  – достоверность различий при сравнении с группой лиц, проживающих на арктической территории.

Рис. 2 - Содержание в крови мембранных рецепторов CD23, CD71, CD95 у лиц, проживающих в г. Архангельске и на арктических территориях.

При более значительных уровнях содержания sCD23 у работающих в Арктике ( $73,88 \pm 3,56$  и  $46,53 \pm 2,36$  нг/мл) содержание клеток с мембранным CD23 повышается ( $0,52 \pm 0,03$  и  $0,41 \pm 0,02 \pm 0,03 \times 10^9$  кл/л;  $p < 0,05$ ). Уровень содержания sFasL у жителей Арктики также заметно выше ( $0,43 \pm 0,02$  и  $0,31 \pm 0,05$  нг/мл;  $p < 0,01$ ), но концентрации CD95+ находятся на региональном уровне ( $0,48 \pm 0,04$  и  $0,56 \pm 0,03 \times 10^9$  кл/л).

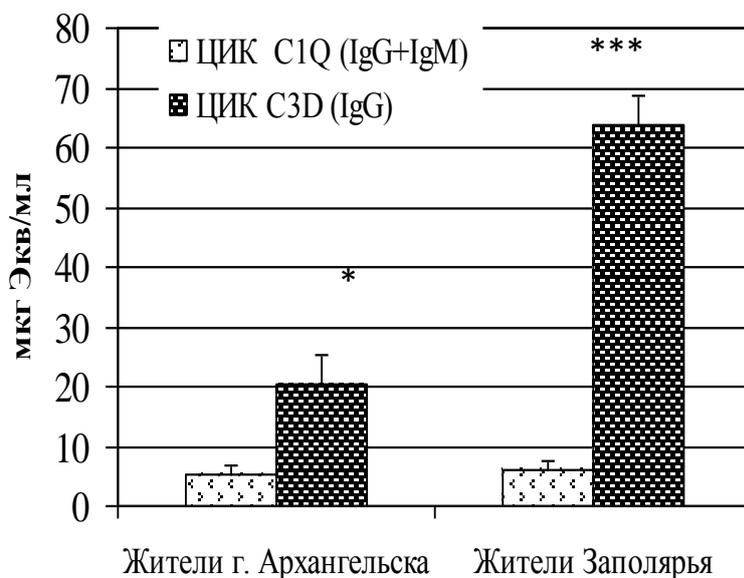
У жителей, проживающих на арктических территориях, выше содержание в сыворотке крови внеклеточного рецептора к трансферрину sCD71 в средних результатах обследования практически в 3 раза (соответственно  $2073 \pm 145$  и  $707 \pm 53$  нг/мл). У 55,36% (93 из 168) обследуемых жителей арктических территорий концентрации sCD71 значительно выше верхних границ его содержания у лиц, проживающих в г. Архангельске (1320 нг/мл). При аномально высоких концентрациях sCD71 у практически здоровых жителей Арктики не наблюдается более высоких уровней содержания в крови лимфоцитов с мембранным рецептором к трансферрину ( $0,45 \pm 0,02$  и  $0,47 \pm 0,03 \times 10^9$  кл/л). Содержание трансферрина и сывороточного железа также не имело различий (соответственно  $263,40 \pm 1,78$  и  $239,81 \pm 1,99$  мг/дл;  $18,02 \pm 0,89$  и  $17,38 \pm 0,85$  мкмоль/л). Другими словами, в случаях аномально высоких концентраций sCD71 параллельное повышение содержания клеток с мембранным рецептором не происходит. Известно, что рецептор к трансферрину обеспечивает дополнительное поступление железа в клетку при дефиците энергетического ресурса [1]. С экспрессией CD71 лимфоциты активируются в результате секреции IL-2 и начинают пролиферировать. Сигнал от IL-2 индуцирует активацию и пролиферацию, ассоциированную с быстрой и селективной экспрессией транскрипционных факторов [2, 3]. Признаков повышения пролиферативной активности в данных обстоятельствах мы не выявили, что говорит в пользу того, что умеренное увеличение содержания в крови IL-2, не превышающее физиологических пределов, ассоциировано с активизацией энергетического ресурса Т-лимфоцитов.

Складывается впечатление, что увеличение концентраций внеклеточного пула рецепторов ассоциировано с увеличением концентрации натуральных киллеров, IFN- $\gamma$  и IL-10, активированных Т-лимфоцитов CD25<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup> и HLADRII, а также Т-хелперов,

цитотоксических лимфоцитов, В-клеток и IgE. Нами не выявлено специфичности влияния отдельных кластеров на уровень активизации Т-лимфоцитов и повышение содержания цитокинов. Несмотря на то, что эволюция рецепторов идет в направлении их специализации, большая часть рецепторов полиспецифична [4]. По всей вероятности, именно этим следует объяснить отсутствие различий влияния в свободном состоянии отдельных сигнальных молекул на соответствующие этапы иммунной реакции.

Допускаем, что повышение общего объема внеклеточного пула может стимулировать миграцию нейтрофильных гранулоцитов, натуральных киллеров и изменять цитокиновый профиль. Но вероятнее всего, увеличение концентраций свободного пула рецепторов отражает последний этап развития иммунной реакции, когда вступают механизмы, ингибирующие её для восстановления исходного фона в целях сохранения гомеостаза. В пользу такого мнения свидетельствует повышение IL-10. Так, концентрации IL-10 в крови у жителей, проживающих на арктических территориях, в среднем составляют  $19,05 \pm 1,54$  пг/мл, у жителей Архангельска –  $6,33 \pm 0,49$  пг/мл. Считаем возможным, отметить 2 интересных, на наш взгляд, факта: преобладание реакции со стороны противовоспалительных цитокинов (IFN- $\gamma$  и IL-10) и повышение содержания в сыворотке крови IgE. Известно, что IgE отличаются особой специфичностью, улавливающей даже конформационные особенности антигена, а также обуславливающие наиболее сильные реакции антителозависимой цитотоксичности [5]. Интерлейкин-10 ингибирует иммунную реакцию снижением активности экспрессии генов рецепторов или их шеддингом [6, 7, 8].

Накопление свободного пула рецепторов различных по специфичности сочетается с повышением концентраций циркулирующих иммунных комплексов и низким уровнем активности фагоцитов. В крови у жителей Заполярья выше уровни содержания ЦИК IgG C3D ( $63,76 \pm 24,01$  и  $20,46 \pm 3,22$  мкгЭкв/мл,  $p < 0,001$ ), рис. 3. Естественно полагать, что связанные в комплексы сывороточные рецепторы не определяются, так как их активные специфически определяемые диагностическими реакциями активные центры уже заняты.



Примечание: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$  – достоверность различий при сравнении с группой жителей Заполярья.

Рис. 3 - Содержание ЦИК у жителей г. Архангельска и Заполярья.

Накопление внеклеточного пула более 80 Ед/мл (193,6 нг/мл) в 100% случаев совпадает с дефицитом фагоцитарной защиты нейтрофилов и моноцитов. Частота регистрации дефицита фагоцитарной защиты (<50% активных фагоцитов) у жителей, проживающих и работающих в Арктике составляет 54,84%.

Таким образом, сбрасывание сигнальных молекул, рецепторов, лигандов лимфоцитов и накопление их свободного пула являются адаптивными механизмами регуляции активности иммунных реакций.

*Исследование проведено в ходе выполнения госзадания по теме «Роль внеклеточного пула молекул адгезии и коротких пептидов в формировании и исходе адаптивных реакций человека на изменение светового режима» (№ государственной регистрации АААА-А17-117033010123-0).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добродеева Л.К., Зубаткина И.С., Самодова А.В., Малахова М.Я., Попов А.А. иммунометаболические взаимосвязи у практически здоровых жителей г. Архангельска // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. № 2. С.129–131.
2. Los M., Schenk H., Hexel K. et al. IL-2 gene expression and NF- $\kappa$ B activation through CD28 requires reactive oxygen production by 5-lipoxygenase // EMBO J. 1995. V.14. P. 3731–3740.
3. Miller E.A., Spadaccia M.R., O'Brien M.P. et al. Plasma factors during chronic HIV-1 infection impair IL-12 secretion by myeloid dendritic cells via a virus-independent pathway // J. Acquir. Immune Defic. Syndr. 2012. V. 61, No. 5. P. 535–544.
4. Krug U., Krug F., Cuatrecasas P. Emergence of insulin receptors on human lymphocytes during in vitro transformation // Proc. Nat. Acad.Sci. U.S.A. 1972. V. 9. P. 2604–2608.
5. Barbee R.A., Halonen M., Lebowitz M., Burrows B. Distribution of IgE in a community population sample: correlation with age, sex and allergen test reactivity // J. Allergy Clin. Immunol. 1981. V.68. P. 106 – 112.
6. Arock M., Zuany-Amorim C., Singer M. et. al. Interleukin-10 inhibits cytokine generation from mast cells // Eur. J. Immunol. 1996. V. 26. P. 166 – 170.
7. Moore K. Interleukin-10 and the Interleukin-10 receptor / K. Moore, R. De Waal Malefit, R. Coffmann, A. O'Garra // Annu. Rev. Immunol. – 2001. – V. 19. – P. 683–765.
8. Шерстобоев Е.Ю., Бабенко А.П. Модуляция выработки цитокинов адреномиметиками на фоне стресса и антигенного воздействия // Цитокины и воспаление. 2007. Т.6, №3. С. 40–43.

#### **ЦИРКУЛЯЦИЯ И ПРОГРАММИРУЕМАЯ ГИБЕЛЬ МОНОЦИТОВ У ЛЮДЕЙ С ФОНОВЫМ МОНОЦИТОЗОМ ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ХОЛОДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*О.А. Ставинская, Л.К. Добродеева*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, ifpa-olga@mail.ru

Одними из важнейших клеток иммунной системы являются моноциты. Моноциты способны фагоцитировать микроорганизмы, иммунные комплексы, конечные продукты обмена веществ, а также клетки, погибшие в результате апоптоза,

некроза и других клеточных катастроф. Моноциты/макрофаги удаляют продукты деградации апоптотических клеток в результате распознавания молекул фосфатидилсерина и ICAM-3 на поверхности гибнущих клеток [1]. За счет Fc-зависимой мембранной фиксации антител моноциты выполняют антигенпредставляющие функции, взаимодействуя с лимфоцитами. Тканевым моноцитам отводится существенная роль в процессах репарации сосудистых повреждений [2]. Секретируя ростовые факторы, данные клетки стимулируют ангиогенез, регенерацию эндотелиоцитов, фибробластов и клеток эпидермиса, что способствует полному заживлению раны [3].

Превышение содержания циркулирующих моноцитов сверх нормативных пределов (более  $0,6 \times 10^9$  кл/л) представляет собой один из вариантов дисбаланса иммунной системы человека, имеющим значительную распространенность у жителей Севера. Моноцитозы наиболее часто встречаются у детей, особенно весной, достигая в этот период  $22,5 \pm 0,34\%$  (осенью  $6,5 \pm 0,27\%$ ) на фоне увеличения пролиферативного индекса моноцитов [4]. У лиц с патологиями моноцитозы регистрируются при инфекционных (туберкулез, мононуклеоз, инфекционный эндокардит) и опухолевых заболеваниях (хронический лейкоз, миелопролиферативные состояния), а также хронических воспалительных процессах [5-7].

По данным литературы после кратковременного (5 сек.), но пролонгированного (5 дней) холодового воздействия ( $8^\circ\text{C}$ ) на область грудной клетки у мышей в 1,7 раза усиливается метаболический обмен макрофагов селезенки без изменения со стороны поглотительной способности данных клеток [8, 9]. При более длительном (12 дней) холодовом воздействии ( $5^\circ\text{C}$ ) в периферической крови опытных животных сокращается содержание всех клеток, в том числе моноцитов. В костном мозге повышается количество гемопоэтических предшественников, что сочетается с увеличением уровня мРНК тромбопоэтина [10]. Однако неизвестным остается вопрос динамики программируемой гибели моноцитов после кратковременного охлаждения у лиц с фоновым моноцитозом, что и стало целью настоящего исследования.

**Материалы и методы.** Проведено обследование 56 практически здоровых людей в возрасте от 20 до 50 лет, проживающих в г. Архангельске, практически здоровых на момент исследования. Указанные люди не страдали острыми инфекционными заболеваниями, у них не было выявлено признаков аутоиммунных и лимфопролиферативных заболеваний, частота ОРЗ составляла не более 2 раз в год. Изучение особенностей индивидуальной холодовой чувствительности проводили в холодовой камере УШЗ-25Н (Россия), где люди находились 5 мин. при температуре  $-25^\circ\text{C}$ . Обследование осуществляли 2 раза: до и после воздействия холодового фактора на людей с соблюдением норм и правил биомедицинской этики. Лейкограмму периферической крови определяли на гематологическом анализаторе Sysmex XS-500i (Япония). Программируемую гибель моноцитов периферической крови оценивали по содержанию полиморфно-ядерных клеток в составе моноцитогаммы (по методу О.Н. Григоровой) на микроскопе Vision MT5300L (Япония). В мазках крови, окрашенных по Романовскому – Гимзе, также определяли уровень промоноцитов, зрелых моноцитов. Показатель активных фагоцитов и фагоцитарное число высчитывали, используя тест-наборы латексных частиц производства «Диаэм» (Россия). Методом твердофазного иммуноферментного анализа в сыворотке крови выявляли концентрации цитокинов (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10) с помощью реактивов компании «Bender MedSystems» (Австрия). Реакцию оценивали с помощью автоматического иммуноферментного анализатора «Evolis» (Bio-RAD, США). Результаты исследования обработаны с использованием пакета прикладных программ Statistica 6 (StatSoft, США).

**Результаты.** Для изучения взаимосвязи содержания циркулирующих моноцитов и состояния программируемой клеточной гибели были выделены две группы обследуемых лиц: с нормальным ( $0,09-0,6 \times 10^9$  кл/л,  $n=35$ ) и повышенным ( $>0,6 \times 10^9$

кл/л состояние моноцитоза, n=21) уровнем моноцитов в крови,  $p < 0,001$ . Группы были практически равноценны по возрасту 26,3±1,6 и 28,4±1,5 года и полу (66-73% женщин и 27-34% мужчин). Состояние моноцитоза регистрировалось до воздействия холодого фактора на людей.

Установлено, что в условиях фонового моноцитоза под влиянием кратковременного охлаждения в организме нарастает общее содержание лейкоцитов за счет нейтрофильных гранулоцитов без изменений со стороны моноцитов, лимфоцитов и базофилов (табл. 1). В структуре моноцитогаммы снижается количество промоноцитов и увеличивается уровень полиморфноядерных клеток. У практически здоровых людей из группы сравнения общее содержание лейкоцитов и моноцитов, а также содержание отдельных морфологических групп моноцитов не меняется. На этом фоне сокращается интенсивность фагоцитарной реакции моноцитов у всех обследуемых людей.

При изучении фенотипической структуры лимфоцитов периферической крови обращает на себя внимание общее снижение уровня зрелых ( $CD3^+$ ), активированных ( $CD25^+$ ,  $CD71^+$ ,  $HLADR$ ) и дифференцированных ( $CD4^+$ ,  $CD8^+$ ) клеток после холодого воздействия вне зависимости от наличия или отсутствия моноцитоза (табл. 2). Исключение составляют лимфоциты с маркером  $CD19$ , представляющие собой В-клетки на ранних этапах развития; содержание их падает у лиц с избытком числа циркулирующих моноцитов.

В капиллярной крови в условиях моноцитоза повышается общее содержание моноцитов с  $0,82 \pm 0,09$  до  $1,1 \pm 0,1 \times 10^9$  кл/л за счет молодых, малодифференцированных клеток промоноцитов с  $0,34 \pm 0,04$  до  $0,47 \pm 0,09 \times 10^9$  кл/л. У практически здоровых людей группы сравнения рост концентрации моноцитов с  $0,54 \pm 0,05$  до  $0,76 \pm 0,06 \times 10^9$  кл/л также происходит за счет промоноцитов с  $0,19 \pm 0,03$  до  $0,36 \pm 0,04 \times 10^9$  кл/л. Цитокиновый профиль в условиях моноцитоза характеризуется увеличением содержания  $IL-1\beta$ , в то время как у лиц с нормальным уровнем моноцитов отмечается сокращение количества  $TNF\alpha$  в периферической крови. После кратковременного холодого воздействия не выявлено изменений концентрации  $IL-6$  и  $IL-10$  вне зависимости от наличия или отсутствия моноцитоза.

Таблица 1 - Показатели клеточного иммунитета периферической крови обследуемых людей до и после кратковременного холодого воздействия

Показатели	Фоновый моноцитоз		Нормальное содержание моноцитов	
	до (1)	после (2)	до (3)	после (4)
лейкоциты, $\times 10^9$ кл/л	6,79±0,34	7,68±0,39 <sup>*1-2</sup>	4,90±0,14	4,89±0,18
нейтрофилы, $\times 10^9$ кл/л	3,82±0,33	4,65±0,38 <sup>*1-2</sup>	2,58±0,1	2,54±0,12
лимфоциты, $\times 10^9$ кл/л	2,16±0,09	2,11±0,08	1,66±0,06	1,59±0,06
базофилы, $\times 10^9$ кл/л	0,03±0,004	0,03±0,005	0,02±0,003	0,02±0,002
моноциты, $\times 10^9$ кл/л, в т.ч.	0,78±0,04	0,77±0,04	0,38±0,02	0,38±0,02
промоноциты, $\times 10^9$ кл/л	0,34±0,03	0,26±0,03 <sup>*1-2</sup>	0,15±0,01	0,15±0,01
зрелые моноциты	0,31±0,02	0,32±0,03	0,17±0,01	0,16±0,01
полиморфноядерные моноциты	0,08±0,007	0,12±0,01 <sup>*1-2</sup>	0,05±0,004	0,04±0,03
фагоцитарное число моноцитов, ед/кл	9,28±2,34	7,42±1,86 <sup>*1-2</sup>	8,51±0,73	5,97±0,52 <sup>*3-4</sup>

Примечание: \* $p < 0,05$

Таблица 2 - Показатели иммунитета периферической крови обследуемых людей до и после кратковременного холодового воздействия

Показатели	Фоновый моноцитоз		Нормальное содержание моноцитов	
	до (1)	после (2)	до (3)	после (4)
CD3+, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,67±0,05	0,39±0,03 <sup>**1-2</sup>	0,41±0,02	0,26±0,02 <sup>**3-4</sup>
CD4+, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,59±0,04	0,32±0,03 <sup>**1-2</sup>	0,34±0,02	0,24±0,02 <sup>**3-4</sup>
CD8+, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,58±0,04	0,29±0,02 <sup>**1-2</sup>	0,31±0,02	0,22±0,02 <sup>**3-4</sup>
CD19+, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,53±0,04	0,32±0,04 <sup>**1-2</sup>	0,31±0,02	0,29±0,02
CD25+, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,55±0,09	0,44±0,04 <sup>*1-2</sup>	0,32±0,02	0,22±0,02 <sup>**3-4</sup>
CD71+, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,42±0,04	0,32±0,03 <sup>*1-2</sup>	0,32±0,02	0,23±0,02 <sup>**3-4</sup>
HLADR, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,51±0,04	0,39±0,03 <sup>**1-2</sup>	0,32±0,02	0,26±0,02 <sup>**3-4</sup>
IL-1β, пг/мл	1,9(0,5-2,4)	3,2(1,0-5,9) <sup>*1-2</sup>	2,2(1,9-2,6)	2,2(1,9-2,5)
IL-6, пг/мл	4,6(4,4-5,2)	4,5(4,6-5,5)	2,7(0,6-4,9)	2,4(1,1-4,9)
IL-10, пг/мл	1,02(0,9-4,8)	0,86(0,83-1,0)	2,2(0,9-2,9)	1,8(0,9-2,6)
TNF-α, пг/мл	11,6(10,9-12,8)	11,5(11,3-12,8)	14,1(12,3-15,7)	12,0(11,0-13,6) <sup>**3-4</sup>

Примечание: \* p<0,05, \*\* p<0,01

**Обсуждение.** У человека циркулирующий пул моноцитов насчитывает в норме  $18 \times 10^6$  на 1 кг массы тела, а пристеночный маргинальный пул – в 3,5 раза больше. Моноциты циркулируют в кровотоке от 36 до 104 часов, а затем покидают сосудистое русло, за сутки в ткани из кровеносного русла уходит более  $0,4 \times 10^9$  моноцитов. Содержание тканевых моноцитов в 20-25 раз превышает их количество в крови; наибольшее количество макрофагов моноцитарного происхождения находится в печени (клетки Купфера 56-60 %), в легких и селезенке содержание макрофагов составляет около 15 %, в перитонеальном пространстве уровень макрофагов 7-8 %; в остальных тканях и органах, в том числе в ЦНС (астроциты, клетки микроглии) и костной ткани (остеокласты) содержание макрофагов значительно меньше. Продолжительность жизни тканевых моноцитов в форме макрофагов исчисляется годами. Если не происходит их мобилизация в очаг воспаления, они погибают по механизму апоптоза, мигрируя в селезенку или лимфатические узлы [11, 12]. Апоптоз включает следующие морфологические стадии: сокращение объема клетки, фрагментация ДНК; цитоплазматическая мембрана теряет ворсинчатую структуру и образует шаровидные вздутия. Клетка, в том числе и ядро, фрагментируется на отдельные части (апоптотические тельца); остатки клетки поглощаются клетками микроокружения.

В нашем исследовании у лиц с фоновым моноцитозом в периферической крови происходит клеточное перераспределение, при котором промоноциты перемещаются в пристеночный пул для дальнейшей миграции в ткани (в случае пролонгирования холодового воздействия), а в кровотоке увеличивается содержание апоптотических полиморфноядерных клеток. Данные клетки характеризуются сокращением интенсивности фагоцитоза [13], что подтверждается результатами теста с латексными частицами.

В капиллярной крови у лиц с фоновым моноцитозом под влиянием холода повышается общее содержание моноцитов за счет промоноцитов, в то время как у людей с нормальным уровнем моноцитов рост общего содержания данных клеток

происходит не только за счет молодых форм, но зрелых активных моноцитов. По данным литературы известно, что при воспалении нарастает концентрация моноцитов, поступающих в кровь и покидающих кровяное русло, при этом время миграции через кровь сокращается и составляет менее 48 ч. [14]. Естественная миграция моноцитов из микроциркуляторного русла в ткани обусловлена присутствием на моноцитах и на эндотелиоцитах специализированных адгезионных молекул CD11a/CD18, ICAM-1, VLA-4, VCAM-1. Увеличение экспозиции молекул адгезии инициируется провоспалительными цитокинами TNF $\alpha$ , IFN $\gamma$ , IL-1, IL-6. После адгезии моноцитов к активированным эндотелиальным клеткам интимы сосудов происходит распластывание моноцитов по поверхности эндотелиоцитов с последующим проникновением между соседними клетками, преодолением базальной мембраны и выходом в ткани [12].

В настоящем исследовании при моноцитозе внутрисосудистое клеточное перераспределение реализуется под действием цитокина IL-1 $\beta$ , основным продуцентом которого и являются моноциты/макрофаги [15]. Следует отметить, что моноцитоз отражает изначально большую концентрацию лейкоцитов периферической крови по сравнению с аналогичным показателем у лиц с нормальным уровнем моноцитов. Разница достигает 1,5-2 раза, у 19,05% обследуемых лиц с моноцитозом общее содержание лейкоцитов находится на верхней границе нормы ( $9 \times 10^9$  кл/л). В свою очередь у 33,71% лиц с нормальным уровнем моноцитов в крови выявлена лейкопения, при которой снижено содержание циркулирующих лейкоцитов менее  $4 \times 10^9$  кл/л. Под действием холода данное состояние клеточной популяции в большей степени отражается в уменьшении содержания нейтрофилов и лимфоцитов вплоть до нижней границы референтных пределов. Особенно это касается сокращения зрелых лимфоцитов CD3 $^+$ , Т-хелперов, активированных клеток с рецептором к интерлейкину-2, трансферрину и молекулам главного комплекса гистосовместимости класса II.

Таким образом, после кратковременного общего охлаждения в периферической крови практически здоровых людей в условиях моноцитоза происходит селективное внутрисосудистое перераспределение моноцитов с увеличением числа полиморфноядерных клеток, способных к апоптотической запрограммированной гибели. Данная реакция стимулируется провоспалительным цитокином IL-1 $\beta$  на фоне сокращения интенсивности фагоцитоза моноцитов. В капиллярной крови нарастает содержание молодых промоноцитов с целью дальнейшей миграции в ткани. У 33,71% обследованных лиц с нормальным уровнем моноцитов в крови выявлена лейкопения, что сочетается со снижением общего содержания нейтрофилов, зрелых активированных лимфоцитов и Т-хелперов.

*Исследование проведено в ходе выполнения программы фундаментальных научных исследований по теме лаборатории экологической иммунологии Института физиологии природных адаптаций (№ ААА-А17-117033010124-7).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moffatt O.D., Devitt A., Bell E.D., Simmons D.L., Gregory C.D. Macrophage recognition of ICAM-3 on apoptotic leukocytes // J. Immunol. 1999. Vol. 162. P 6800–6810.
2. Фрейдлин И.С. Система мононуклеарных фагоцитов. М., 1984. 272 с.
3. Oishi Y., Manabe I. Macrophages in inflammation, repair and regeneration // Internat. Immunology. 2018. Vol. 30, № 11. P. 511–528.
4. Добродеева Л.К. Иммунологическое районирование. Изд.: КНЦ. Сыктывкар, 2001. С. 56

5. Правада Н.С., Будрицкий А.М. Клинико-иммунологическая характеристика пациентов с распространенными формами туберкулёза лёгких // Вестник Витебского гос. мед. Университета. 2015. Т. 14, № 1. С. 83–90.
6. Постаногова Н.О., Софронова Л.В. Показатели крови у детей с инфекционным мононуклеозом в зависимости от этиологии заболевания в остром периоде и катамнезе // Вопросы практической педиатрии. 2016. Т. 11, № 3. С. 22–25.
7. Коростелев А.Н., Кипренский А.Ю., Кипренский Ю.В. Некоторые первичные доброкачественные и злокачественные опухоли сердца (диагностика, клиника, хирургическое лечение) // Хирургия. 2015. № 1. С. 22–29.
8. Калёнова Л.Ф., Новикова М.А. Влияние кратковременных локальных тепловых и холодových аппликаций на область грудной клетки на иммунофизиологические параметры организма в эксперименте // Бюлл. экспериментальной биологии и медицины. 2012. Т. 154, № 12. С. 737-740.
9. Беседин И.М., Бажин А.С., Мельников В.П. Моделирующий эффект температурных воздействий слабой интенсивности на психонервноиммуноэндокринную систему теплокровного организма // Вестник Тюменского гос. университета. 2016. Т. 2, № 2. С. 144-159.
10. Tanizaki Y., Aiso T., Mochizuki Y. Hematopoietic capacity in the fatty marrow of *X. Laevis* under the low-temperature condition // Blood. 2016. Vol. 128. P. 5050.
11. Добродеева Л.К., Патракеева В.П. Влияние миграционных и пролиферативных процессов лимфоцитов на состояние иммунного фона человека, проживающего в условиях высоких широт. Екатеринбург: УрО РАН, 2018. 203 с.
12. Тотолян А.А., Фрейдлин И.С. Клетки иммунной системы. Т.2. Моноциты. СПб.: Наука, 2000. 231 с.
13. Gordon S., Pluddemann A. Macrophage clearance of apoptotic cells: a critical assessment // Front. Immunol. 2018. Vol. 9. P. 127.
14. Furth R. Production and migration of monocytes and kinetics of macrophages // Mononuclear Phagocytes. Leiden. 1992. P. 3-12.
15. Elliott E.I., Sutterwala F.S. Monocytes take their own path to IL-1 $\beta$  // Immunity, 2016, Vol. 44, Is. 4, P. 713–715.

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

*Шашкова Е.Ю.<sup>1</sup>, Филиппова О.Е.<sup>1</sup>, Айвазова М.С.<sup>2</sup>, Щеголев В.Е.<sup>3</sup>, Щёголева Л.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, eli1255@ya.ru

<sup>2</sup>Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, maуа-рchela@hotmail.ru

<sup>3</sup>ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды», г. Архангельск, askot@eco29.ru

Одной из главных задач общества, всех государственных институтов является сохранение здоровья народонаселения, как наиболее важного социального ресурса при оптимальном качестве жизнедеятельности каждого.

В настоящее время освоение Арктики и Крайнего Севера имеет большое общегосударственное и научное значение, а значит, требуется особый подход в Арктическом регионе к планированию хозяйственной деятельности. На данных территориях выявлены многочисленные месторождения полезных ископаемых — угля, нефти, горючих газов, соли, никеля, платины, золота и т. д. Необходимо отметить, что российские территории Севера и Арктики обладают значительным человеческим

потенциалом, адаптированным к жизни и работе в экстремальных условиях. Наличие квалифицированных трудовых ресурсов (молодых практически здоровых обученных кадров) вместе с уникальным природно-ресурсным потенциалом, развитым индустриальным комплексом создают необходимые предпосылки для устойчивого развития северных и арктических территорий страны. В современных условиях большое значение имеет учебная миграция молодежи, которая перемещается через границы тех или иных территорий с переменной места жительства навсегда или временно. При этом молодые люди сталкиваются с проблемами адаптации к новому месту жительства, новым социальным условиям, а также учебе в высшей школе [1, 2]. Известно, что процессы адаптации у молодых людей в возрасте 20-22 лет, приехавших на Север, протекают с меньшим напряжением механизмов регуляции [3]. Высокая частота заболеваемости студентов делает актуальной проблему состояния здоровья молодежи [2, 3, 4, 5]. Климатические и социальные условия жизни северян, неблагоприятная экологическая обстановка создают реальность формирования различных нарушений иммунной системы со всеми вытекающими отсюда последствиями. Результаты ряда научных исследований позволяют заключить, что основной причиной ухудшения показателей здоровья населения является отрицательное влияние факторов окружающей среды [1, 4, 6, 7, 8]. По-видимому, это способ платы за адаптацию. Но если для мигранта такая плата носит временный характер, то для постоянных жителей она начинается с первых этапов эмбриогенеза на фоне эффектов ее в предыдущих поколениях [1, 5, 9, 10].

Цель работы: выявить состояние здоровья жителей Арктических территорий с учетом особенностей иммунологической реактивности.

#### ***Материалы и методы.***

Обследовано 67 практически здоровых студентов очной формы обучения университетов г. Архангельска: 39 женщин и 28 мужчин в возрасте от 19 до 26 лет, проживавших до поступления в ВУЗ в населенных пунктах Архангельской области (г. Архангельск, г. Северодвинск, г. Новодвинск, Вилегодский и Устьянский районы), Ненецкого автономного округа и Мурманской области. Комплекс иммунологического исследования включал определение содержания в периферической крови лейкоцитов, лимфоцитов с рецепторами CD4<sup>+</sup> (хелперы/индукторы), CD3<sup>+</sup> (зрелые лимфоидные клетки), CD5<sup>+</sup> (общая незрелая популяция Т-клеток), CD8<sup>+</sup> (цитотоксические Т-лимфоциты, супрессоры), CD16<sup>+</sup> (естественные киллеры).

#### ***Результаты и обсуждение.***

Анализ показал, что среднее содержание лейкоцитов находится в пределах нормативных значений, независимо от района проживания до обучения в ВУЗе. При этом у 100% респондентов зафиксирован крайне низкий уровень содержания общей популяции всех Т-клеток (CD5<sup>+</sup>). У лиц, приехавших на учебу в Архангельские вузы из Вилегодского района, выявлен незначительный резерв Т-клеточной популяции, в то время как при массовом исследовании северян данной возрастной группы фактически установлено сокращение резервов Т-клеточного звена иммунитета, где концентрация клеток CD3<sup>+</sup> и CD5<sup>+</sup> перекрываются в удельном весе [1, 3, 7, 10]. Установлено, что выраженность дефицита данных показателей зависит от места рождения и постоянного проживания обследуемых студентов старших курсов. Так, наиболее низкие средние показатели зрелых Т-клеток (CD3<sup>+</sup>) выявлены у 87,95% ( $p < 0,05$ ;  $0,55 \pm 0,10 \cdot 10^9$  кл/л) обследуемых студентов, приехавших на учебу в вузы г. Архангельска из г. Нарьян - Мара (НАО).

У лиц из южных районов Архангельской области средние значения данного показателя значительно выше и регистрируются ближе к интервалу физиологических норм. Анализируя средние значения содержания клеток CD5<sup>+</sup> в зависимости от района прежнего места жительства, выявили, что наибольший дефицит указанных клеток регистрируется у 92,32% студентов Архангельских вузов, приехавших на учебу из

Мурманской области ( $0,72 \pm 0,05 \cdot 10^9$  кл/л). У приехавших на обучение в вузы г. Архангельска из южных районов Архангельской области, указанный дисбаланс отмечается у 20,33% лиц из Устьянского района, у 65,61% из Вилегодского района, при этом средние уровни содержания клеток с антигенным маркером CD5<sup>+</sup> у обследуемых студентов данной группы значительно выше, чем у лиц, переехавших из Мурманской области, г. Северодвинска и г. Новодвинска Архангельской области.

При исследовании уровня содержания Т-лимфоцитов хелперов/индукторов CD4<sup>+</sup> наиболее низкие средние значения выявлены у 28,57% молодежи НАО ( $0,37 \pm 0,06 \cdot 10^9$  кл/л). Средние значения по данному показателю у студентов Архангельских ВУЗов, приехавших из других районов, регистрируются в пределах нормативных значений: у 20,59% обследуемых из г. Новодвинска составляет  $0,48 \pm 0,12 \cdot 10^9$  кл/л, у 18,11% из г. Архангельска -  $0,51 \pm 0,04 \cdot 10^9$  кл/л, у 31,54% из г. Северодвинска -  $0,52 \pm 0,09 \cdot 10^9$  кл/л, у 15,34% из Мурманской области -  $0,64 \pm 0,06 \cdot 10^9$  кл/л. Известно, что у взрослого населения Ненецкого автономного округа, городов Архангельск, Новодвинск и Северодвинск Архангельской области наиболее частым вариантом дисбаланса содержания Т-лимфоцитов является повышенное содержание CD8<sup>+</sup> [10].

Повышенный уровень содержания клеток CD8<sup>+</sup> отмечается у 37,50% лиц, приехавших из г. Новодвинска ( $0,54 \pm 0,12 \cdot 10^9$  кл/л), у 33,80% - из населенных пунктов Мурманской области ( $0,72 \pm 0,06 \cdot 10^9$  кл/л) и у 25,38% - из г. Северодвинска ( $0,45 \pm 0,09 \cdot 10^9$  кл/л). Активация клеточных механизмов иммунитета у лиц, родившихся в г. Архангельске, не выявлена. Так, выраженная активизация естественных киллеров (CD16<sup>+</sup>) установлена у студентов из Мурманской области (69,67%), г. Северодвинска (27,14%), г. Архангельска (17,02%) и г. Нарьян-Мара НАО (20,23%), особенно у женщин. Высокая киллерная активность свидетельствует о выраженном напряжении в системе клеточного иммунитета у старшекурсников, кроме того, вероятно, именно дифференцированные клетки CD16<sup>+</sup> компенсируют на определенном этапе развития иммунного ответа дефицит зрелых функционально активных Т-клеток (CD3<sup>+</sup>). Иными словами, у студентов - уроженцев г. Новодвинска, проживавших в условиях влияния целлюлозно-бумажного производства, дефицит содержания функционально-активных Т-лимфоцитов сочетается с более выраженной активизацией естественных киллеров.

### ***Заключение.***

Дефицит содержания Т-лимфоцитов (CD3<sup>+</sup> и CD5<sup>+</sup>) наиболее выражен у лиц, приехавших учиться в Архангельские вузы из г. Новодвинск и Мурманской области, и в меньшей степени у студентов, приехавших из Устьянского и Вилегодского районов. При этом наиболее значим указанный дефицит у лиц мужского пола (от 46,67 до 98,03%), в зависимости от района проживания до переезда. Повышение активности клеточноопосредованной цитотоксичности регистрируется у студентов, приехавших из Мурманской области (33,80%), г. Новодвинск (37,05%) и г. Северодвинск (25,38%) Архангельской области. Не установлена активация клеточных механизмов иммунитета у лиц, проживающих в г. Архангельске. Выявлено повышение содержания натуральных киллеров: максимальный уровень отмечается у студентов из Мурманской области (69,67%); реакция со стороны CD16<sup>+</sup> более выражена (1,5 - 3 раза) у женщин по сравнению с таковой у мужчин г. Северодвинск (40,01% и 14,28% соответственно), г. Архангельска (22,50% и 11,54% соответственно) и г. Нарьян-Мар НАО (23,08% и 17,39% соответственно).

Полученные данные свидетельствуют о том, что напряжение регуляторных механизмов адаптации к обучению в высшей школе и новым климатогеографическим и экологическим условиям студентов вузов г. Архангельска приводит к усилению адаптивного дисбаланса в клеточном иммунитете. Кроме того, анализ полученных данных выявил нестабильность адаптивных иммунных механизмов у студентов - мигрантов. У студентов, родившихся и проживающих до поступления в ВУЗы г. Архангельска Архангельской области, Ненецкого автономного округа (НАО) и

Мурманской области, выявлено нарушение и истощение процессов адаптации вследствие жёсткости климатических условий и загрязнения окружающей среды, высоких учебных нагрузок за счет нарушения этапов дифференцировки клеток и выраженного дефицита CD3<sup>+</sup>, CD5<sup>+</sup>. Длительная активация сокращает резервные возможности, что проявляется снижением содержания в крови функционально активных зрелых Т-лимфоцитов. Учитывая то, что напряжение регуляторных систем – это неспецифический ответ организма на любые неблагоприятные для него воздействия, требующие мобилизации функциональных резервов, длительное напряжение регуляторных механизмов у обследуемых лиц ведет к невозможности расходованию функциональных резервов, снижению адаптационных возможностей организма, и развитию специфических и неспецифических изменений, в том числе и разрушению сложившихся компенсаций, которые возникают в условиях климато-экологического стресса [1, 3, 6].

Выявленные в работе физиологические механизмы иммунных реакций, а также расширение пределов колебаний основных параметров в границах общепринятых физиологических норм у студентов, свидетельствуют, на наш взгляд, скорее всего о лабильности иммунологической реактивности молодежи, что является крайне необходимым для адаптации к меняющимся условиям окружающей среды [3].

Установленное у обследуемых лиц значительное напряжение гуморального звена иммунитета и умеренная активация клеточного звена определяют высокую степень риска формирования иммунного дисбаланса, что может проявляться склонностью к частым простудным заболеваниям, склонностью к хронизации патологического процесса, возможным депрессиям, и в конечном итоге к более раннему биологическому старению.

*Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания (№ АААА-А15-115122810184-6).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добродеева Л.К., Ткачев А.В. Влияние природных факторов Севера на эндокринную и иммунную системы организма / Материалы XVIII съезда физиологов. Казань, 2001. С. 509–510.
2. Меньшикова М.В., Щёголева Л.С. Иммунологическая недостаточность и умственная работоспособность у студентов северных вузов / Вестн. Урал. мед. акад. науки. 2009. № 2/1 (24). С. 275–276.
3. Айвазова М.С. Физиологический статус иммунной системы у местных и иногородних студентов старших курсов вузов г. Архангельска : автореф. дис. ... канд. биол. наук / М. С. Айвазова. Архангельск, 2011. 16 с.
4. Унгуряну Т.Н., Лазарева Н.К., Гудков А.Б. Оценка напряженности медико-экологической ситуации в промышленных городах Архангельской области / Экология человека. 2006. № 2. С. 7–10.
5. Шашкова Е.Ю., Дюжикова Е.М. Физиологический иммунный ответ у лиц репродуктивного возраста при повышенной умственной нагрузке в экстремальных климатических условиях Приарктического региона / X международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные науки сегодня», North Charleston, SC, USA 29406, 2016. Т.1.– С.7-9. ISBN:978-1541337480
6. Агаджанян Н.А. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы / Н.А. Агаджанян, Н.Ф. Жвавый, В.Н. Ананьев. – М.: КРУК, 1998. 240 с.

7. Филиппова О.Е. Соотношение фенотипов лимфоцитов периферической крови у людей в процессе физиологической регуляции иммунного ответа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2015. 18 с.
8. Туманова М.С., Щеголев В.Е. Состояние иммунной системы у молодых лиц разных профессий / сборник статей X Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности». – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. с. 49-53.
9. Щёголева Л.С., Сергеева Т.Б., Шашкова Е.Ю., Филиппова О.Е., Поповская Е.В. Особенность иммунологической активности периферической крови у лиц разных возрастных групп приполярного региона // Экология человека, 2016. - №8. -С.15-20.
10. Щёголева Л.С., Сидоровская (Филиппова) О.Е., Шашкова Е.Ю., Некрасова М.В., Балашова С.Н. Адаптивный иммунный ответ у лиц различных социально-профессиональных групп европейского Севера РФ // Экология человека, 2017. №10, 2017.С. 46-51.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАД

<b>Антоновская Г.Н. ФЕЛИКС НИКОЛАЕВИЧ ЮДАХИН – К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ</b>	8
<b>ÖZCAN T. CLIMATE CHANGE AND ALIEN SPECIES: THE CASE OF THE ISKENDERUN BAY</b>	12
<b>Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беляев В.В. ПОКОМПОНЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>	15
<b>Лебедев М.П., Салова Т.А., Мордовской П.Г. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЦ ЯНЦ СО РАН В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКИХ И СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ</b>	20
<b>Лебедева У.М., Салова Т.А. МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)</b>	24
<b>Репина И.А. ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ, РЕЖИМА ВЕТРА И МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА</b>	28
<b>Троянская А.Ф. ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ ДИОКСИНОВ И ФУРАНОВ В ЭКОСИСТЕМАХ ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ</b>	32
<b>Хуторской М.Д. ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ: НОВЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ</b>	36
<b>Шаров Н.В. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ БЕЛОГО МОРЯ И ПРИЛЕГЮАЩИХ ТЕРРИТОРИЙ</b>	42

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АРКТИКЕ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ

<b>Алёшин И.М., Малыгин И.В. ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ РЕГИОНА МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ОБУЧЕНИЯ</b>	49
<b>Афонин Н.Ю. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТЬЮ</b>	51
<b>Басакина И.М., Антоновская Г.Н., Капустян Н.К. ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ ПО НОВЕЙШИМ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИМ ДАННЫМ</b>	53
<b>Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. ГЕОДИНАМИКА ХРЕБТА ГАККЕЛЯ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ</b>	58
<b>Ваганова Н.В. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ДАННЫМ ОБМЕННЫХ ВОЛН</b>	64
<b>Данилов А.В., Кошкин А.И., Яковенко А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ФОНА НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОБОРСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ</b>	68
<b>Данилов К.Б., Шахова Е.В., Афонин Н.Ю. СТРОЕНИЕ ХОЛМОГОРСКОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО УЗЛА ПО ДАННЫМ ПАССИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ</b>	73
<b>Завьялов А.Д., Перетокин С.А. ОТ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ К</b>	77

СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО	
<b>Инжебейкин Ю.И.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНЫХ И ЮЖНЫХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ)	79
<b>Ковалев Д.С., Тертышников А.В.</b> ПРОЕКТ ЗОНДИРОВАНИЯ АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА В 2019 Г. ПО СИГНАЛАМ ГЛОНАСС С БОРТА НИС «ПРОФЕССОР МОЛЧАНОВ» И С ПРИЕМНИКА В БАРЕНЦБУРГЕ	83
<b>Конечная Я.В., Морозов А.Н., Зуева И.А.</b> УТОЧНЕННЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ БЕЛОГО МОРЯ, ВКЛЮЧАЯ КАРЕЛЬСКИЙ РЕГИОН, ЗА 2005 – 2016 ГГ.	87
<b>Морозов А.Н., Ваганова Н.В., Шахова Е.В., Конечная Я.В.</b> СЕЙСМИЧНОСТЬ АРКТИКИ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА	91
<b>Морозова Е.Р.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОСТИ В РЕГИСТРАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ НА АРХ. ШПИЦБЕРГЕН	94
<b>Никитин Д.С.</b> ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА АРХ. НОВАЯ ЗЕМЛЯ (ОСТРОВ ЮЖНЫЙ)	97
<b>Передерин Ф.В., Алёшин И.М., Иванов С.Д., Холодков К.И.</b> ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОРТАТИВНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИСТРАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ	102
<b>Романов А.Н., Хвостов И.В., Тихонов В.В., Боярский Д.А., Севастьянова Л.Ю., Уланов П.Н., Шарков Е.А.</b> РАДИОТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ДЕЛЬТ СЕВЕРНЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ) КАК ИНДИКАТОР ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АРКТИКЕ	105
<b>Семаков Н.Н.</b> ПЕРЕМЕЩЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ (ВИРТУАЛЬНЫХ) И ИСТИННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В АРКТИКЕ И АНТАРКТИКЕ	109
<b>Турова А.П.</b> ВКЛАД СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ» В РЕГИОНАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ АРКТИКИ	112
<b>Тышов А.С., Малов А.И., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРА В ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ	116
<b>Худаярова А.Б., Балыкова С.Д.</b> ВЛИЯНИЕ МОДУЛЯ РАЗМЕРНОЙ ШКАЛЫ СИТ НА РЕЗУЛЬТАТ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ	119
<b>Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Алиев Р.А., Кокрятская Н.М., Субетто Д.А., Чупаков А.В.</b> АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЁР АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	124

#### **ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ**

<b>Березкин В.А.</b> ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ БАЙЕСА	131
<b>Ермолов А.А., Илюшин Д.Г., Кизяков А.И.</b> РАЗРАБОТКА КАРТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ К РАЗЛИВАМ НЕФТИ	135
<b>Жигалин А.Д.</b> ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОКЛИМАТОЛОГИЯ?	139
<b>Кузнецова С.Ю.</b> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ НЕФТЕРАЗЛИВАХ НА АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ	144

<b>Николаев А.В., Жигалин А.Д., Лавров В.С., Беляков А.С., Диденкулов И.Н., Малеханов А.И.</b>	147
<b>РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СКВАЖИННЫХ ГЕОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	
<b>Соловьев Д.А.</b>	152
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В АРКТИКЕ: ПРИЧИНЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ</b>	

### **ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

<b>Белаш Т.А.</b>	158
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАЙОНАХ СОВМЕСТНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ</b>	
<b>Иванов С.Д., Холодков К.И., Алешин И.М., Передерин Ф.В., Осика В.И., Павлов Е.И., Демидкова А.Н.</b>	161
<b>УДАЛЕННЫЙ ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ СООРУЖЕНИЙ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСА МИНИ-СМИК</b>	
<b>Иванова Ж.В., Кирилук Я.А.</b>	162
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЕДЕРЕВЯНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ</b>	
<b>Иглин С.М.</b>	166
<b>СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАНОСИМОСТИ НА УЧАСТКАХ СУДОВОГО ПУТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОРТУ АРХАНГЕЛЬСК</b>	
<b>Кара-оол Э.Т., Санчат С.В, Бегзи К.Б.</b>	169
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ПГТ КАА-ХЕМ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА – ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ</b>	
<b>Рогачева Е.А.</b>	172
<b>ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В АРКТИКЕ</b>	
<b>Сливец К.В., Парамонов М.В., Крюкова М.С., Кравченко П.А., Василенко М.Д., Кириченко И.Н.</b>	175
<b>ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОМЕРЗАНИЯ И ОТТАИВАНИЯ ГРУНТОВ НА РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ</b>	
<b>Терехов Л.Д., Майны Ш.Б.</b>	180
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА КЫЗЫЛА</b>	

### **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА И ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

<b>Данилов К.Б., Афонин Н.Ю.</b>	184
<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРУБОК ВЗРЫВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ ПО ДАННЫМ ПАССИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ</b>	
<b>Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Минеев А.Л., Полякова Е.В.</b>	187
<b>ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ПЛОЩАДЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА НЕФТЬ И АЛМАЗЫ ПРИ ЦИФРОВОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РЕЛЬЕФА</b>	
<b>Муравьев А.В., Никонов А.Л.</b>	192
<b>ОСВОЕНИЕ ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ</b>	
<b>Николаев А.В., Трофимов В.Т., Жигалин А.Д., Архипова Е.В., Анисимова О.В., Харькина М.А.</b>	195
<b>ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ИМПАКТНЫЕ СТРУКТУРЫ</b>	
<b>Татаринцева В.Г., Селянина С.Б., Зубов И.Н.</b>	200
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ АЗРФ</b>	

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

<b>Абдуллина Г.Х., Алексюк В.А., Бондарь М.С.</b>	204
<b>ЗООПЛАНКТОН БУХТЫ НОВЫЙ ПОРТ (ОБСКАЯ ГУБА, КАРСКОЕ МОРЕ) В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД</b>	
<b>Баженов А.В., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Киселева И.М., Царева Н.С.</b>	209

ОПИСАНИЕ ПОЧВЕННЫХ РАЗРЕЗОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В НИХ В РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА	
<b>Барзут О.С.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	214
<b>Беляев В.В., Боголицын К.Г., Бровко О.С., Паламарчук И.А., Бойцова Т.А., Слобода А.А., Жильцов Д.В., Белоусова М.Е.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИШАЙНИКОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	216
<b>Березина М.О.</b> АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК МОРСКИХ ЗЕЛЕННЫХ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ	221
<b>Васендина И.С., Гурьев А.Т., Шошин А.С.</b> ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОАСПЕКТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО СНИМКАМ С БПЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ	226
<b>Василевская Н.В., Стружко В.В.</b> ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ МЕЗОСТРУКТУРЫ ЛИСТЬЕВ <i>BETULA NANA</i> L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. МУРМАНСКА	230
<b>Вахрамеева Е.А.</b> СОДЕРЖАНИЕ СУММАРНОГО ПАРАМЕТРА АОХ В ВОДЕ ОЗЕР СВЕТОЕ И ТЕМНОЕ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)	235
<b>Власова А.А.</b> МИГРАНТНЫЕ БУЛАВОУСЫЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (LEPIDOPTERA: RHORALOCERA) НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.	239
<b>Воробьева Т.Я., Климов С.И., Забелина С.А., Собко Е.И., Шорина Н.В., Морева О.Ю., Чупакова А.А., Чупаков А.В., Широкова Л.С., Покровский О.С., Неверова Н.В.</b> КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗ. КЕНОЗЕРА (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА)	241
<b>Глазьева М.А., Евдокимова В.П.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЖИЛОЙ ЗОНЕ Г. АРХАНГЕЛЬСК	246
<b>Горбачева Е.А.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2014-2018 ГГ.	249
<b>Дружинин С.В., Киселев Г.П., Яковлев Е.Ю.</b> ДИНАМИКА ПОСТУПЛЕНИЯ БЕРИЛЛИЯ-7 В РАСТЕНИЯ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ	254
<b>Ежов О.Н., Ершов Р.В.</b> МИКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	258
<b>Ермаков Д.М., Поляков В.Д.</b> РАЗРАБОТКА НОВОГО АЛГОРИТМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НАД СУШЕЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО РАДИОТЕПЛОвого МОНИТОРИНГА	263
<b>Ермаков Д.М., Чернушич А.П.</b> ВОЗМОЖНОСТИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНЫХ РЕК В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ	267
<b>Ермолин Б.В.</b> ЗАПОВЕДНАЯ ГЕОГРАФИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ	272
<b>Жевнерович А.А.</b> СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТВОРЕННОГО АЛЮМИНИЯ В РЕЧНЫХ ВОДАХ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	276
<b>Класс А.Л., Кондаков А.В., Болотов И.Н.</b> ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА ГИРУДОФАУНЫ (HIRUDINEA, LAMARCK, 1818) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ	279
<b>Класс А.Л., Травина О.В., Беспалая Ю.В., Аксёнова О.В., Соколова С.Е.</b>	283

ПЕРВАЯ НАХОДКА ТРЕМАТОД PHYLLODISTOMUM MACROCOTYLE (DIGENEA: GORGODERIDAE) В ПОПУЛЯЦИЯХ МОЛЛЮСКА DREISSENA POLYMORPHA В БАССЕЙНЕ Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА, ПОДТВЕРЖДЕННАЯ МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ДАННЫМИ	
<b>Климов С.И., Неверова Н.В., Лохов А.С., Чупаков А.В.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГУБЕ СУХОЕ МОРЕ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В ИЮЛЕ–АВГУСТЕ 2018 ГОДА	285
<b>Кокрятская Н.М., Чупаков А.В., Титова К.В., Шевченко В.П.</b> ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЕР СИСТЕМЫ РЕКИ СВЕТЛАЯ (БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОЕ ПЛАТО)	290
<b>Колпакова Е.С., Вельямидова А.В., Швецова Н.В., Королёва Т.А.</b> ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	295
<b>Косарева Е.Н., Романов Е.М., Шабанова Е.Н.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	298
<b>Краснов Ю.В., Шавыкин А.А.</b> ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ РОССИИ: ПРАКТИКА, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ	302
<b>Кропотин А.В., Беспалая Ю.В., Аксенова О.В., Травина О.В., Шевченко А.Р.</b> ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ЛИНИЙ CORVICULA SP. В БАССЕЙНЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ	307
<b>Кубасова М.С.</b> РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	309
<b>Кузнецова И.А., Мироненко К.А., Соболев Н.А., Орлов А.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СВИНЦА В ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ КРИОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	313
<b>Лагунов А.Ю., Федин Д.А.</b> РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СЕТИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИКЕ	315
<b>Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М.</b> БИОХИМИЯ СЕРЫ В ОЗЕРЕ КИСЛОСЛАДКОМ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)	320
<b>Митько А.В.</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	323
<b>Мещерякова О.Ю., Максимович Н.Г.</b> КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩА	328
<b>Мосеев Д.С., Гаврило М.В.</b> К ВОПРОСУ ОБ ОХРАНЕ РЕДКИХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВЫСОКОАРКТИЧЕСКИХ ТУНДР АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	333
<b>Мохнаткин И.В., Билалов А.Д.</b> ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СИГНАЛИЗАЦИЯМИ НА ПЛАТФОРМЕ «ПРИРАЗЛОМНАЯ»	339
<b>Мохова О.Н., Мельник Р.А.</b> ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПЕЧОРСКОЙ ГУБЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	340
<b>Новиков М.А.</b> К ВОПРОСУ О ФОНОВЫХ УРОВНЯХ СОДЕРЖАНИЯ РЯДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ	345
<b>Новоселов А.П.</b> ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИХТИОФАУНЫ БАССЕЙНА Р. ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	350
<b>Новоселов А.П.</b> ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА НА	354

ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ	
<b>Орлов А.С., Зубов И.Н., Селянина С.Б.</b> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕКИ ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА	359
<b>Отченаш Н.Г., Остапенко З.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ВЕСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА ЯНДОВОЙ ГУБЫ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ 2016-2018 ГГ.	361
<b>Петракова И.В., Чернова В.Г.</b> ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ЭКОСИСТЕМЕ КУТОВОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	366
<b>Пинаевская Е.А., Тарханов С.Н.</b> РАЗНООБРАЗИЕ ФОРМ И РОСТ PINUS SYLVESTRIS L. В КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	370
<b>Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Минеев А.Л.</b> ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	373
<b>Полярский А.А., Никитина М.В.</b> АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АКВАТОРИЮ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ	377
<b>Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В., Кривоногова О.В.</b> МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К ПРИРОДНЫМ ФАКТОРАМ АРКТИКИ	380
<b>Пустынный Я.Н.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ КА LANDSAT ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	383
<b>Саева О.П., Юркевич Н.В., Синицкий А.И., Шеин А.Н., Юркевич Н.В.</b> ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР ТАЗОВСКОГО РАЙОНА ЯНАО	386
<b>Семенова Л.А.</b> ФИТОПЛАНКТОН СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБСКОЙ ГУБЫ	390
<b>Скрыльник Г.П.</b> РАНИМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ ЧУКОТКИ К АНТРОПОГЕННОМУ ПРЕССУ И ВОЗМОЖНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ	395
<b>Степанова В.Б., Степанов С.И.</b> МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ОБСКОЙ ГУБЫ В РАЙОНЕ ЗИМНЕГО ПРОМЫСЛА РЯПУШКИ	400
<b>Таций Ю.Г.</b> РТУТЬ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АРКТИЧЕСКИХ ОЗЕР (УСТЬЕ Р. ПЕЧОРА)	404
<b>Торопова Е.В., Старицын В.В.</b> ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (VACCINIUM MYRTILLUS L.) В ЭКОТОННОЙ ЗОНЕ ВЫРУБКИ	407
<b>Третьяков С.В., Ярославцев С.В., Коптев С.В., Ильинцев А.С., Цветков И.В., Богданов А.П., Торхов С.В.</b> РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТАКСАЦИИ ПРИТУНДРОВЫХ ЛЕСОВ И РЕДКОСТОЙНОЙ ТАЙГИ В СУХОПУТНОЙ ТЕРРИТОРИИ АРКТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	412
<b>Трофимова А.Н., Евдокимова В.П., Попова Л.Ф., Варакина Ю.И., Третьяк И.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПОСЕЛКА СОЛОВЕЦКИЙ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ	417
<b>Факашук Н.Ю., Лейбман М.О., Хомутов А.В.</b> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ	421
<b>Харитонов Г.Н.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ» НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ: РИСКИ И ФАКТОРЫ УСПЕХА	426
<b>Хребтова И.С., Аксёнова О.В., Кондаков А.В., Томилова А.А.</b> ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ТРЕМАТОД (ТРЕМАТОДА: DIGENEA) У	432

- МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА LYMNAEIDAE И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАССЕЛЕНИЯ НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ
- Чупаков А.В., Широкова Л.С., Покровский О.С.** ДОЛГОСРОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ СТОКА РЕКИ ПЕЧОРЫ. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОД 436
- Шошина К.В., Алешко Р.А.** ДЕШИФРИРОВАНИЕ СНИМКОВ БПЛА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 439

### ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЛАНДШАФТЫ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ

- Newth J. L., Mikhailova G., Anufriev V., Glazov P., Chistiakov A., Semenov I., Dench S., Belousova A. & Rees E.C.** THE SWAN CHAMPIONS IN THE RUSSIAN ARCTIC: A COMMUNITY APPROACH TO REDUCING THE POACHING OF BEWICK'S SWANS 443
- Беспалая Ю.В., Аксёнова О.В., Травина О.В., Шевченко А.Р., Соколова С.Е.** ЭКОЛОГИЯ, ФИЛОГЕНИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА SPHAERIPIDAE В АРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ 444
- Вихрев И.В., Болотов И.Н., Кондаков А.В., Кабаков М.Б., Чухчин Д.Г.** РЫБЫ-ХОЗЯЕВА, МОРФОЛОГИЯ ГЛОХИДИЙ И ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЭНДЕМИЧНОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ MARGARITIFERA DANURICA (MIDDENDORFF, 1850) ИЗ БАССЕЙНА Р. АМУР 447
- Демидова Н.А., Дуркина Т.М., Гоголева Л.Г.** СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ EX SITU И ВОВЛЕЧЕНИЕ ИХ В ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 451
- Зубрий Н.А., Кондаков А.В., Хрулева О.А., Вихрева Д.В., Филиппов Б.Ю.** ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА ЦИТОХРОМ С-ОКСИДАЗЫ I СУБЪЕДИНИЦЫ (COI) PTEROSTICHUS BREVICORNIS И P. EMPETRICOLA (COLEOPTERA, CARABIDAE) СЕВЕРНОЙ ГОЛАРКТИКИ 456
- Кабаков М.Б., Попов В.Е., Дворянкин Г.А., Вихрев И.В., Кондаков А.В., Болотов И.Н.** СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ MARGARITIFERA MARGARITIFERA (LINNAEUS, 1758) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЛОПШЕНЬГА ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА 460
- Каменная В.А., Новожилов Е.В.** ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРОЕНИЯ КАРЛИКОВОЙ БЕРЕЗЫ BETULA NANA 464
- Колосова Ю.С., Потапов Г.С.** ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕДКИХ И МАЛОЧИСЛЕННЫХ ВИДОВ ШМЕЛЕЙ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ 467
- Крячюнас В.В., Игловский С.А., Мироненко К.А.** НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ЗАЛИВА ГРЁН-ФЬОРД (О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН) 469
- Любас А.А., Кабаков М.Б., Томилова А.А.** РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ РЕЧНЫХ БИОТОПАХ ЮГА РУССКОЙ РАВНИНЫ (БАССЕЙНЫ РЕК ВОЛГА, ДОН И КУБАНЬ) НА ОСНОВЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ, ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ 474
- Македонская И.Ю.** ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОСЕННЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ДВИНСКОГО ЗАЛИВА В 2001 - 2016 ГГ. 478
- Малов А.И.** РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ ПО ИЗОТОПНОМУ СОСТАВУ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В АРКТИКЕ 483

<b>Матковский А.К.</b> ПРОИСХОДЯЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ИХТИОЦЕНОЗАХ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ И ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА	488
<b>Неверов Н.А., Беляев В.В., Минеев А.Л.</b> ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СТРУКТУРУ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	493
<b>Потапов Г.С., Колосова Ю.С.</b> ПРОИСХОЖДЕНИЕ ФАУНЫ ШМЕЛЕЙ (HYMENOPTERA: APIDAE) ИСЛАНДИИ: ОЦЕНКА ГИПОТЕЗ НА ОСНОВЕ ФИЛОГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	496
<b>Прожерина Н.А., Пинаевская Е.А., Рипинская Н.А., Аганина Ю.Е., Пахов А.С.</b> РЕАКЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ УСЛОВИЯХ	497
<b>Сергиенко Л.А., Дьячкова Т.Ю.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ НАРУШЕНИЙ СТАБИЛЬНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОЛАРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО МОРЯ)	502
<b>Соколова С.Е., Беспалая Ю.В., Аксенова О.В., Спицын В.М., Шевченко А.Р., Травина О.В.</b> МОЛЛЮСКИ В ЗООБЕНТОСЕ ОЗЕР АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ И ОСТРОВА ВАЙГАЧ	507
<b>Томилова А.А., Коноплева Е.С., Кондаков А.В., Вихрев И.В.</b> ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (BIVALVIA: UNIONIDAE) НА ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ	508
<b>Харламова М.Н., Новиков М.А.</b> ДИНАМИКА ФАУНЫ ПТИЦ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. МУРМАНСКА В ПОСЛЕДНЕМ ДЕСЯТИЛЕТИИ	513
<b>Шаманин А.А.</b> АДАПТАЦИЯ И РАЗВИТИЕ КОРМОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА РФ	519
<b>Шевченко А.Р., Травина О.В., Беспалая Ю.В., Аксёнова О.В., Соколова С.Е.</b> РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПЛОТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ DREISSENA POLYMORPHA (PALLAS, 1771) В ВОДОТОКАХ БАССЕЙНА РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ	523
<b>Шматова А.Г., Тельнова Н.О., Медведев А.А.</b> АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДИ ОТКРЫТЫХ ПЕСКОВ И КУСТАРНИКОВ О. КОЛГУЕВ ПО СНИМКАМ LANDSAT ЗА 1994-2017 гг.	526

#### **ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ АРКТИКИ: СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

<b>Блынская Т.А., Малиннина К.О., Максимов А.М.</b> СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)	533
<b>Губина О.В., Проворова А.А.</b> РЕПРОДУКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ НАСЕЛЕНИЯ КАК УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАСЕЛЕННОСТИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА	537
<b>Карнатов А.Н., Шавыкин А.А.</b> МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ. ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ДЛЯ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА	543
<b>Краснопольский Б.Х.</b> РЕГИОН ТИХООКЕАНСКОЙ АРКТИКИ И БЕРИНГОВА ПРОЛИВА: ТРАНСГРАНИЧНАЯ КООПЕРАЦИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННОМ ОСВОЕНИИ И РЕШЕНИИ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	547
<b>Лукин Е.С., Лебедев М.П.</b> ОБЗОР ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ	552
<b>Макаренкова И.Ю.</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДНЫХ	557

ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА РЕК ПУР И ТАЗ В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА	
<b>Максимов А.М., Уханова А.В.</b> ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ В ЕГО СВЯЗИ С БАЗОВЫМИ ЦЕННОСТЯМИ НАСЕЛЕНИЯ (НА МАТЕРИАЛАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ЯНАО)	562
<b>Марецкая А.Ю.</b> ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ И ЕЕ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	566
<b>Михайлова Г.В.</b> ВОСПРИЯТИЕ НАСЕЛЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ НАО И ЯНАО)	571
<b>Пирцхалава Н.Р., Карпов А.А.</b> РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ В АРКТИКЕ	572
<b>Селянин О.И.</b> ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ В АЗРФ	575
<b>Селянина С.Б., Чуракова Е.Ю., Михайлова Г.В., Пономарева Т.И.</b> ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ДОБЫЧЕ АЛМАЗОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА СОСТОЯНИЕ РЕКИ ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА	577
<b>Степанько Н.Г., Ткаченко Г.Г.</b> ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	579
<b>Сурина Е.А., Сеньков А.О.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ, УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	584
<b>Ушаков Е.А.</b> СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ЯКУТИИ И ЧУКОТКИ	587
<b>Шавыкин А.А., Карнатов А.Н.</b> КАРТЫ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНО- МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ КАРТ	592
<b>Яроцкий Г.П.</b> ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ОТ РЫБОДОБЫЧИ ТИХООКЕАНСКОГО ЛОСОСЯ В НЕРЕСТОВЫХ РЕКАХ СВ АЗИИ К УПРАВЛЕНИЮ РЫБОХОЗЯЙСТВОВАНИЕМ (КАМЧАТКА)	597

#### ПРИРОДНОЕ И ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

<b>Беспалая Н.О.</b> СОСТОЯНИЕ ШВЕДСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ	603
<b>Давыдов Р.А.</b> ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХОТЫ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ГУБЕРНИИ В КОНЦЕ XIX - НАЧАЛЕ XX ВВ.	607
<b>Жигальцова Т.В.</b> ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ АРКТИКИ: СЕВЕРНЫЙ «ТРОЙНИК» В СЕЛЕ МАЛОШУЙКА, ОНЕЖСКОЕ ПОМОРЬЕ	609
<b>Усов А.А.</b> ТРАДИЦИОННЫЙ КРЕСТЬЯНСКИЙ ДОМ В КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ ОНЕЖСКОГО ПОМОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ С. ВОРЗОГОРЫ, ОНЕЖСКИЙ Р-Н)	613
<b>Юдина Т.М.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА НАРЕЧЕНИЯ ИМЕНИ У НАРОДОВ СЕВЕРА	617

**МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

- Балашова С.Н., Добродеева Л.К.** ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОПЕНИИ НА СОСТОЯНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ 623
- Баттахов П.П., Лебедева У.М.** ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 626
- Галстян Д.С., Бичкаева Ф.А., Лобанов АА., Баранова Н.Ф.** СОДЕРЖАНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА 628
- Елфимова А.Э., Типисова Е.В., Попкова В.А., Горенко И.Н., Потуткин Д.С.** СОСТОЯНИЕ ГИПОФИЗАРНО-ГОНАДНОЙ СИСТЕМЫ У ЖЕНЩИН АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ 631
- Еремеев И.И.** НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ЖИТЕЛЕЙ ЗАПОЛЯРЬЯ 636
- Колосова О.Н., Бельчусова Е.А., Николаева Е.Н.** ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИКИ В РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ 639
- Лебедева У.М., Фёдоров А.И., Захарова Р.Н.** ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯКУТИИ 644
- Лебедева У.М., Салова Т.А., Гмошинская М.В., Пырьева Е.А.** СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ МАТЕРЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В АРКТИЧЕСКИХ И СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ 646
- Лебедева У.М., Винокурова Д.М., Борисова И.З., Дохунаева А.М., Петрова М.Н.** ПРОБЛЕМЫ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ И ВАЛОРИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТРАДИЦИЙ И КУЛЬТУРЫ ПИТАНИЯ НАРОДОВ АРКТИКИ И СЕВЕРА 651
- Меньшикова Е.А., Добродеева Л.К.** АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА 654
- Морозова О.С., Поповская Е.В., Сергеева Т.Б., Некрасова М.В., Дюжикова Е.М.** ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЛИМФОИДНЫХ КЛЕТОК У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА 659
- Патракеева В.П., Добродеева Л.К., Штаборов В.А.** РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ С МАРКЕРОМ К ТРАНСФЕРРИНУ 662
- Самодова А.В., Добродеева Л.К.** СОСТОЯНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПУЛА РЕЦЕПТОРОВ, ЛИГАНДОВ И ИММУНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ У ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ 664
- Ставинская О.А., Добродеева Л.К.** ЦИРКУЛЯЦИЯ И ПРОГРАММИРУЕМАЯ ГИБЕЛЬ МОНОЦИТОВ У ЛЮДЕЙ С ФОНОВЫМ МОНОЦИТОЗОМ ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ХОЛОДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ 668
- Шашкова Е.Ю., Филиппова О.Е., Айвазова М.С., Щеголев В.Е., Щёголева Л.С.** СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ 673

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С  
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

**II Юдахинские чтения**

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ  
АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

Научное издание

Рекомендовано к изданию Ученым советом Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Федеральный  
исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени  
академика Н.П. Лаверова РАН

Ответственные за выпуск:  
Антоновская Г.Н., Губина О.В., Проворова А.А.

Фото на обложке Травиной О.В.

Разработка оригинал-макета и верстка сборника материалов конференции  
ООО «Типография №2», пр. Новгородский, 32, корпус «Ом-медиа»,  
тел.:(8182)20-4444