

*На правах рукописи*

**ИГЛОВСКИЙ СТАНИСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ**

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
КРИОЛИТОЗОНЫ ОНЕГО-ДВИНСКО-МЕЗЕНСКОЙ  
РАВНИНЫ И ПОЛУОСТРОВА КАНИН**

25.00.36. – Геоэкология

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Москва – 2004

Работа выполнена в Институте экологических проблем Севера Уральского  
отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук  
Шварцман Юрий Григорьевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор  
Садов Алексей Васильевич

доктор географических наук  
Баранов Александр Владимирович

Ведущая организация: Архангельский государственный техниче-  
ский  
университет, Россия

Защита состоится «\_\_\_» мая 2004 года в \_\_\_ часов на заседании дис-  
сертационного совета Д 220.025.01 при Государственном университете по  
землеустройству по адресу: 105064, Москва, ул. Казакова, 15, ГУЗ, тел.:  
(095) 261-71-13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного  
университета по землеустройству.

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» апреля 2004 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук

Козелкина З.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Онего-Двинско-Мезенская равнина и полуостров Канин являются регионом, освоение которого осложняется наличием многолетнемерзлых пород (ММП). Изучение современного геоэкологического состояния криолитозоны данной территории и прогноз ее будущего развития актуальны в связи с интенсивным хозяйственным освоением Севера, в частности, разработкой месторождений нефти и газа Мезенской синеклизы, алмазов Зимнего берега, строительством промышленных объектов, нефте- и газопроводов, транспортных магистралей. Район геоэкологически и геоэкологически недостаточно изучен. Значимость исследования геоэкологического состояния криолитозоны региона заключается в том, что происходящие в ней криогенные процессы отражают региональные проявления изменений климата и существенно влияют на хозяйственное освоение территории. Одним из малоизученных проявлений криолитозоны в регионе являются подземные пещерно-карстовые льды. Они являются наиболее чувствительными индикаторами изменения окружающей среды. Данная диссертационная работа выполнялась в рамках основных направлений фундаментальных исследований, утвержденных распоряжением президиума РАН от 1 июля 2003 года: 6.19 «Эволюция окружающей среды и прогноз ее развития в условиях быстрых природных и антропогенных изменений»; 6.21 «Исследование, мониторинг и прогноз состояния криосферы и изменений мерзлотных условий».

**Объект исследований.** Криолитозона Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин.

**Предмет исследований.** Геоэкологические условия развития криогенных процессов и пещерно-карстовых льдов.

**Цель исследований** состоит в изучении особенностей геоэкологического состояния криолитозоны Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин, прогнозировании возможных изменений криолитозоны, выработке рекомендаций по охране окружающей среды.

Поставленная цель потребовала решения следующих задач:

- 1. установить характер и пределы распространения криолитозоны района;*
- 2. изучить современное состояние подземного оледенения в карстовых пещерах;*
- 3. выявить пространственно-временную динамику криолитозоны региона и причины колебания ее южной границы в различные периоды времени;*

4. охарактеризовать виды антропогенного воздействия на экосистемы криолитозоны, составить прогноз возможных изменений криолитозоны, разработать рекомендации для проведения природоохранных мероприятий в криолитозоне региона.

**Теоретической основой диссертации** являются положения, изложенные в материалах, принятых на конференциях: «Ритмы природных процессов в криосфере Земли» (Пушино, 2000); «Консервация и трансформация вещества и энергии в криосфере Земли» (Пушино, 2001), «Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения (Пушино, 2003); вторая конференция геокриологов России (Москва, 2001), в работе которых автор принимал участие, а также теоретические и прикладные аспекты анализируемой проблемы, нашедшие отражение в исследованиях: Л.С.Гарагуля, В.Н.Дублянского, Э.Д.Ершова, Т.Н.Каплиной, В.Н.Конищева, В.А.Кудрявцева, Г.А.Максимовича, М.А.Манько, Е.С.Мельникова, Н.Н.Романовского, В.И.Соломатина, А.В.Павлова, А.И.Попова, М.И.Сумгина, Н.А.Шполянской и многих других.

**Научная новизна работы.** Показано антропогенное влияние на криолитозону региона. На основе выполненного анализа геоэкологического состояния криолитозоны Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин установлено, что она представлена ММП островного и редко-островного типов распространения и сезонномерзлыми породами, а также многолетними льдами в карстовых пещерах.

**Практическое значение.** Результаты исследований могут быть использованы при геологоразведочных работах, выборе принципов и методов строительства, разработке мероприятий по защите эксплуатируемых сооружений и охране природной среды в криолитозоне.

**Личный вклад автора.** Фактический материал получен в результате семилетних (1997-2003 гг.) полевых исследований автора в районах Мезенской и Канинской тундр, Беломорско-Кулойского плато (сделано 500 микроклиматических измерений в пещерах, 275 - в шурфах, 452 - в приземном слое воздуха). Анализ материала, основные выводы, схематические геокриологические и геоэкологические карты выполнены автором.

**Апробация работы.** Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 43 печатных работах (из них 16 в соавторстве), доложены и обсуждены на 22 международных конференциях: «Поморье в Баренц-регионе...» (Архангельск, 1997), «BASIS» (Санкт-Петербург, 1997), «SCANTRAN meeting and IGBP...» (Финляндия, Рованиemi, 1998), «Ритмы природных...» (Пушино, 2000); «Консервация и трансформация веще-

ства и энергии в криосфере Земли» (Пушино, 2001), «Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения» (Пушино, 2003); вторая конференция гео-криологов России (Москва, 2001), «Научно-техническая политика...» (Архангельск, 1998) и «Сергеевские чтения» (Москва, 2001, 2002); «Экология северных территорий России...» (Архангельск, 2003) и др.

**Связь работы с научными программами и фондами.** Работа выполнена при финансовой поддержке администрации Архангельской области, РФФИ (проекты № 02-04-97505, № 02-05-97502), НТП «Университеты России» (проект № УР.07.01.064), ФЦП «Интеграция» (проект № Э 3033/1605) и УрО РАН (Конкурс на лучшую научную работу среди молодых ученых и аспирантов в секции «Наук о Земле» 2001 и 2003 гг.).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация объемом 267 страниц, в том числе 41 рисунок, 41 таблица, состоит из введения, 6 глав, заключения. Список литературы содержит 276 работ, из них 21 на иностранных языках.

**Основные научные положения, выносимые на защиту.**

*1. Установлено, что современная криолитозона Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин представлена островными и редкоостровными типами распространения многолетнемерзлых пород, сезонно-мерзлыми породами и многолетними пещерно-карстовыми льдами;*

*2. Показано, что криогенные процессы пучения, термокарста, вытаивания пещерно-карстовых льдов, миграция южной границы многолетнемерзлых пород являются индикаторами деградационной тенденции современного развития криолитозоны региона в условиях меняющегося климата;*

*3. Выявлено, что антропогенное влияние на криолитозону региона обуславливает локальную трансформацию экосистем.*

**Благодарности.** На завершающем этапе автор пользовался советами и консультациями дгн. Н.А.Шполянской, дгн В.Н.Конищева, дгн В.Л.Познанина, кг-мн Г.Ф.Грависа, кгн Н.В.Тумель, кг-мн Е.В.Шавриной; кбн. И.Н.Болотова, кгн И.А.Потапова.

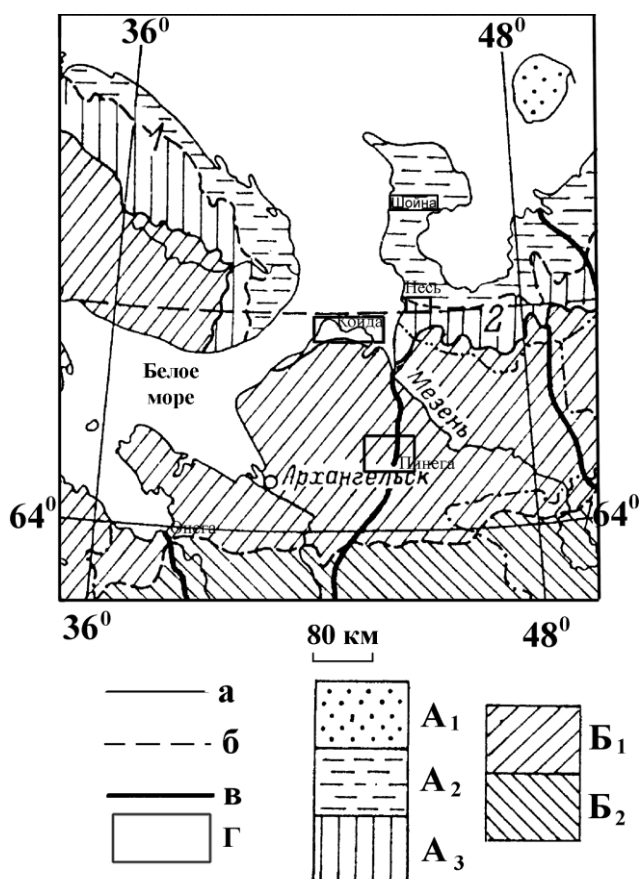
## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИОЛИТОЗОНЫ ОНЕГО-ДВИНСКО-МЕЗЕНСКОЙ РАВНИНЫ И ПОЛУОСТРОВА КАНИН

Криолитозона занимает северную и северо-восточную часть Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин и расположена вблизи южной границы ММП. В главе представлены данные о физико-

географическом положении, основных чертах рельефа, климате, почвах и растительности, поверхностных и подземных водах региона исследований.

Исследуемая территория расположена в подзонах северной тайги и южной тундры (рис. 1). Равнинно-холмистый рельеф территории со скоплениями моренных холмов создает многочисленные неоднородности в мерзлотных и климатических условиях района.



**Рисунок 1. Положение исследуемого района в структуре физико-географического районирования Европейского Севера России (Состояние..., 1995). Границы: а – зоны, б – подзоны, в – провинции, г – района исследования. Зоны и подзоны: А – зона тундры и лесотундры (субарктическая) с подзонами (А<sub>1</sub> – типичная тундра, А<sub>2</sub> – южная тундра, А<sub>3</sub> – лесотундра); Б – зона тайги с подзонами (Б<sub>1</sub> – северная тайга, Б<sub>2</sub> – средняя тайга). Ландшафтные провинции. Зона тундры и лесотундры: 1 – Кольская, 2 – Канинско-Тиманская.**

Анализ физико-географической характеристики района показывает, что особенности природной среды, прежде всего суровые климатические условия, способствуют сохранению

ММП на севере и северо-востоке и подземного оледенения в карстовых пещерах на юго-востоке Онего-Двинско-Мезенской равнины.

## ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИОЛИТОЗОНЫ И КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ОНЕГО-ДВИНСКО-МЕЗЕНСКОЙ РАВНИНЫ И ПОЛУОСТРОВА КАНИН

### 2.1 ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Впервые ММП в районе Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин изучал в 1837 г. А.И.Шренк, он отметил южную границу ММП примерно на 65°48' (Шренк, 1855). Существенный вклад в изучение криолитозоны района в первой половине XX века внесли В.В.Доктуровский (1910); Б.Н.Городков (1932, 1934); Н.Г.Датский, Г.Ф.Писарев (1934, 1937); М.И.Сумгин, (1932, 1937); М.А.Манько (1947,

1958). С начала 60-х годов XX века криолитозона стала изучаться в различных аспектах палеогеографии (Девятова, Лосева, 1964; Былинский, 1967; Каплина, 1968;), температурного режима (Температурный..., 1998), геоэкологии (Гарагуля и др.,...1997; Проблемы общей..., 2001). В работах (Пещеры Пинего-Северодвинской..., 1974); Б.Р.Мавлюдова (1989); Е.В.Шавриной (1994, 1999, 2000, 2002); В.Н.Малкова и др., (2002); С.А.Игловского, (1999, 2000, 2001) обобщены материалы по подземным пещерно-карстовым льдам юго-восточной части Беломорско-Кулойского плато.

## **2.2 УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД МЕЗЕНСКОЙ И КАНИНСКОЙ ТУНДР**

По классификации В.А.Кудрявцева (1978) мы охарактеризовали особенности криолитозоны Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин. Исследуемая территория относится к континентальным платформенным областям. Существенную роль в формировании ММП играли неотектонические опускания и поднятия. ММП на исследуемой территории залегают на морских аккумулятивных равнинах. Для гидрогеологических условий исследуемой территории характерен артезианский бассейн платформенного типа. Исследуемая территория относится к южному типу ММП. Можно выделить типы ММП свойственных: морскому климату (западная часть Мезенской тундры) и континентальному климату (северо-восток Мезенской и Канинской тундр). Исследуемая территория относится к мерзлотно-температурной зоне со среднегодовыми температурами пород ( $t_{cp}$ ) от 0 до  $-1^{\circ}\text{C}$ . По соотношению  $t_{cp}$  и экстремальных  $t_{min}$  и  $t_{max}$  температур пород территория относится ко второму типу, когда  $t_{cp} < 0^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{max} > 0^{\circ}\text{C}$ . Исследуемая территория относится к районам с малым тепловым потоком (до  $40 \text{ мВт/м}^2$ ), по льдистости относится к сильнольдыстым со шлирами и линзами льда. По степени увлажненности-льдистости породы являются сильноувлажненными (западная часть Мезенской тундры), а также многолетнемерзлыми льдыстыми (северо-восточная часть Мезенской и Канинской тундр). По генезису ММП являются эпигенетическими с миграционно-сегрегационной криогенной текстурой. По строению ММП имеют одноярусное строение. По характеру циклов промерзания ММП являются неоднократно промерзшими и оттаявшими. ММП Мезенской тундры имеют пониженную мощность (до 10 метров) и приурочены к молодым морским террасам. В 50-е годы XX века в Мезенской и Канинской тундре мощность ММП составляла по разным данным 5-12 м (Архгеолфонда), по более поздним данным 10-12 м (Почвенно-

геологические условия..., 1984), 5-25 м (Основы геокриологии, часть 3, 1998). По динамике ММП относятся к деградирующим (Иглоковский, 2001).

В системе ландшафтно-экологического районирования России исследуемый район расположен в тундровой подпровинции Канинско-Тиманской провинции субарктической зоны Восточно-Европейского сектора. По характеру распространения ММП относятся к массивно-островному типу (север и северо-восток Канинской тундры) и редкоостровному типу (западная часть Мезенской и Канинской тундр). Здесь развита редкоостровная и спорадическая криолитозона, сосредоточенная в бугристых торфяниках и миграционных многолетних буграх пучения. Полосы ММП протягиваются вдоль подножий уступов и склонов северной и северо-восточной экспозиции. Глубины сезонного оттаивания дисперсных пород в торфах до 0,8 м, в суглинках 1,3 м, супесях 1,7 м, а в песках максимальны - до 2,7 м. Наибольшая зафиксированная глубина сезонного промерзания пород составляет для Архангельска 1,21 м, для Онеги – 1 м, а средняя глубина сезонного промерзания пород соответственно 0,48 м, 0,56 м. Максимальное сезонное промерзание отмечается в Мезени (1,81 м) и Пинеге (1,34 м), наименьшее в Турчасово (0,32 м) (Агроклиматический справочник, 1961). Изменение величин годовых колебаний температур на поверхности почвы ( $A_{\text{гп}}$ ) изменяется от 7,5<sup>0</sup>С (южная часть Мезенской тундры) до 11,5<sup>0</sup> (север Мезенской и Канинской тундр). Минимальные амплитуды колебаний температуры на поверхности почвы формируются на северо-западе территории, где преобладают морские и умеренно-морские по величине  $A_{\text{гп}}$  типы сезонного оттаивания и промерзания пород (Почвенно-геологические условия..., 1984). Используя классификацию В.А.Кудрявцева (1978), можно определить, что на севере Мезенской и Канинской тундр тип сезонного оттаивания горных пород - переходный и полупереходный ( $t_{\text{ср}} - 0,-1^{\circ}\text{C}$ ; годовые амплитуды колебаний температур на поверхности почвы 11-13<sup>0</sup>С). Для зоны талых пород с СМС (юго-восток Беломорско-Кулойского плато) характерен умеренно-морской тип сезонного промерзания. На площадях, где мощности снежного покрова невелики или в тех местах, где снежный покров сильно уплотнен, тип сезонного промерзания грунтов - умеренно-континентальный. Глубины промерзания грубодисперсных отложений в районе могут достигать 2-2,1 м; песков различной дисперсности - 1,2-1,8 м; супесей и суглинков - 0,9-1,5 м; оторфованных отложений и торфа - 0,6-0,8 м (Геокриология..., 1988).



### 2.3 ВИДЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В пределах криолитозоны региона антропогенное воздействие сказывается на нарушении теплового баланса и температуры ММП, что влияет на развитие опасных деструктивных криогенных процессов. Различные виды хозяйственной деятельности, инженерно-строительных мероприятий дает бесконечный ряд конкретных видов антропогенных воздействий (Гарагуля, 1985; Марахтанов, 2001). Для криолитозоны Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин была выделена следующая градация видов антропогенных воздействий: 1) разовый проезд; 2) неоднократный проезд; 3) применение бульдозерной техники; 4) навалы снятого грунта; 5) отсыпка насыпи; 6) карьеры и другие выемки; 7) бурение скважин; 8) застройка территории; 9) локальное загрязнение верхних горизонтов криолитозоны горюче-смазочными материалами; 10) локальное загрязнение верхних горизонтов криолитозоны тяжелыми металлами, радионуклидами, остатками ракетного топлива; 11) свалки мусора; 12) сброс загрязненных промышленных и бытовых вод, а также вод повышенной температуры; 13) локальные пожары; 14) выпас оленей; 15) рекреационное воздействие. По времени воздействия и охвату территории виды антропогенных воздействия в криолитозоне региона подразделяются на: 1) площадные (поселки, промыслы, карьеры), линейные (дороги), хаотичные (сочетание двух вышеназванных или точечные); 2) разовые, кратковременные, долгосрочные, постоянные; 3) поверхностные (снятие почвенно-растительного покрова), углубленные (траншеи, фундаменты), глубокие (карьеры, скважины). Виды антропогенного воздействия на криолитозону региона можно подразделить на доиндустриальные (собирательство, охотничий промысел, пастбищное животноводство) и те, которые связаны с вторичными (добывающими и перерабатывающими) производствами (Исаченко, 2001).

Таким образом, нами показано, что современная криолитозона Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин представлена островными и редкоостровными типами распространения многолетнемерзлых пород и сезонно-мерзлыми породами.

Также дана градация основных видов антропогенного воздействия на криолитозону, чем обосновывается **первое и третье защищаемое положение.**

### **ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ ОНЕГО-ДВИНСКО-МЕЗЕНСКОЙ РАВНИНЫ И ПОЛУОСТРОВА КАНИН**

Оценка геоэкологического состояния криолитозоны осуществлялась с использованием полевых, аналитических, картографических, дистанционных, статистических методов. Для ключевых участков определялся температурный режим криолитозоны, закономерности сезонного промерзания - оттаивания, особенности криолитогенного разреза (Соломатин, 2001). Обобщение и систематика данных послужили основанием для развития представлений о геоэкологическом состоянии криолитозоны, что явилось базой для разработки прогноза ее состояния и рекомендаций по охране среды. Перед полевым этапом осуществлялось дешифрирование космических снимков (Петропаловская, 1988; Шац, 1997), затем проводились работы на ключевых участках в подзонах южной тундры и северной тайги. По имеющимся методикам изучались закономерности распространения ММП, их зависимость от зональных и локальных факторов, пространственное соотношение ММП и талых пород с сезонно-мерзлым слоем (СМС), их температура и мощность (Баранов, 1961; Геокриологическое..., 1987; Геокриологические..., 1961; Геоэкология..., 1992; Геокриология СССР, 1988); торфяные бугры пучения (Кашперюк, Трофимов, 1988); подземные льды карстовых пещер (Гвоздецкий, 1979, 1981; Торсуев, 1980; Малков, Шаврина, 1991; Пещеры Пинего-Северодвинской..., 1974). Отдельно исследовались виды антропогенного воздействия на экосистемы криолитозоны (Геоэкология..., 1992; Тумель, 2001). Последующий анализ материала включал оценку влияния климатических изменений в XIX-XX веках на формирование ММП и особенностей СТС (Розенбаум, Шполянская, 2000; Шполянская, 2001), составление схематических мерзлотных карт, прогноза развития криолитозоны на основе SWOT метода (MSH & UNICEF, 1998; Arnold, Porterfield, Smith, 1999). В процессе обработки материала использованы методы статистического анализа (Дэвис, 1990). Расчеты выполнялись с помощью программ StatGraphics Plus 3.0, Statistica 5.5.

### **ГЛАВА 4. ДИНАМИКА КРИОЛИТОЗОНЫ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА**

#### **4.1 РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПОСЛЕДНИЕ 100-150 ЛЕТ**

Многолетний ход температуры воздуха на Онего-Двинско-Мезенской равнине (Ананьева и др., 2002) и на севере западной Сибири (Шполянская, 2001) отражает потепление климата 30-х годов, похолодание 60-х и

потепление 90-х годов XX в. Были проанализированы графики среднегодовых температур воздуха для Архангельска за 1815-1995, Пинеги за 1978-1998, Неси (Канинская тундра) за 1951-2001 гг. (Shvartsman, Barzut, Vidyakina, Iglovsky, 1999; Шварцман и др., 2004). За этот период отмечаются низкие температуры в XIX в., их повышение в XX в. до максимальных значений в 1938-1942 гг., и затем понижение. Для Европейского Севера в колебании температуры воздуха можно предполагать вековой цикл с периодом в 80-100 лет. Потепление 80-х годов XX века проявляется здесь не повсеместно. Выделяются короткопериодные циклы изменчивости климата в 5, 6 и 11 лет (Shvartsman, Barzut, Vidyakina, Iglovsky, 1999).

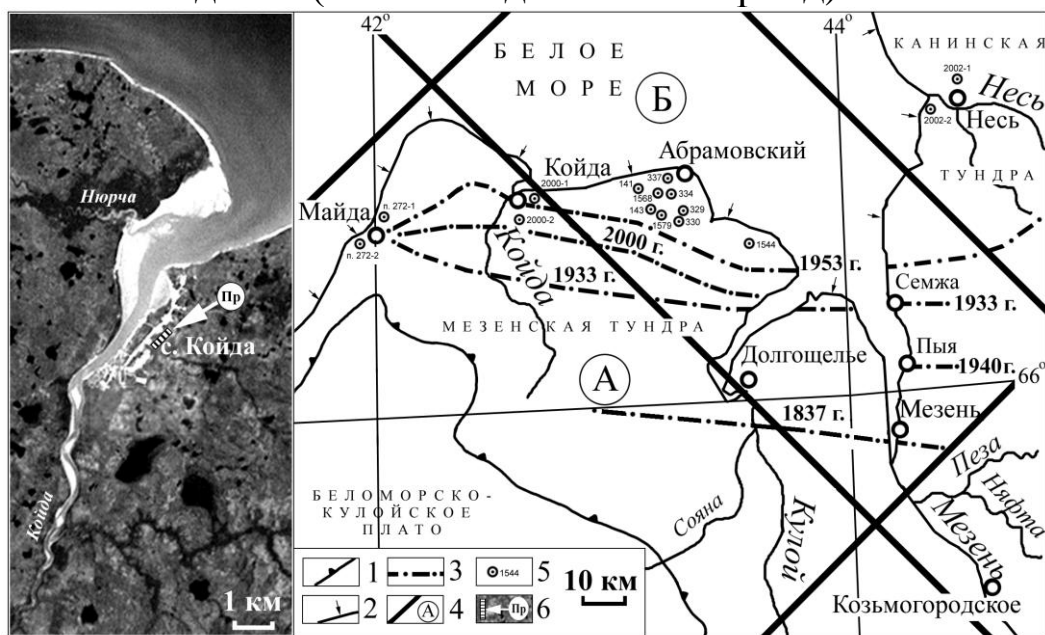
#### **4.2 КРИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД**

На территории Мезенской и Канинской тундр распространены криогенные процессы морозного пучения пород, термокарста, термоэрозии, термоабразии. В рельефе криолитозона представлена буграми пучения, пятнами медальонами, термокарстовыми озерами, а также термоэрозионными и термоабразионными формами вдоль Абрамовского и Конушинского берегов. Мерзлотные торфяные массивы Мезенской и Канинской тундры можно отнести к эпикриогенным, выпуклобугристым средним торфяным буграм с высотами 1,5-3 м и диаметром бугров до 40 м. Образованию миграционных бугров пучения способствует заболачивание и накопление торфа. Мерзлые торфяные бугры имеют среднюю высоту до 3 м и льдистость пород около 50%. В результате промерзания торфяников мы отмечаем на исследуемой территории так называемый «обращенный» рельеф, который возвышается над окружающей поверхностью на несколько метров в виде площадей пучения. Среднее значение глубины СТС в торфяниках Мезенской тундры составляло  $0,55 \pm 0,04$  м (в начале августа 2000 г.) и  $0,67 \pm 0,02$  м (в начале сентября 2001 г.), а в Канинской тундре (с. Несь)  $0,36 \pm 0,04$  м (июнь-август 2002 г.). Бугры Мезенской и Канинской тундр находятся в стадии деградации, о чем свидетельствуют западины, трещины в периферийной части, общее сокращение их количества. В центральной части Беломорско-Кулойского плато (в 80 км к югу от границы ММП) развиты формы криогенеза, соответствующие сезонномерзлому слою. Это формы структурного микрорельефа - пятна-медальоны диаметром от 0,3-0,4 м до 1,0-1,2 м. В исследуемом районе широко распространены палеокриогенные образования - следы мерзлотных условий прошлых эпох. Это псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам, встречающиеся на междуречье Северной Двины и Мезе-

ни (Девятова, 1982), а также термокарстовые озера, развитые на севере Онего-Двинско-Мезенской равнины на равнинах аллювиального, озерно-аллювиального и морского генезиса вытянутые осью по направлению розы ветров. Процесс термоабразии наиболее широко распространен от устья Мезени до устья Печоры. На Конушинском берегу, который сложен супесчано-суглинистыми породами, на интенсивность термоабразии термоденудации существенно влияют приливы и отливы с амплитудой до 10 м. Сочетание отмеченных факторов приводит к интенсивному разрушению берегов со скоростью до 3-6 м в год (Аре, 1980; Почвенно-геологические условия..., 1984).

#### 4.3 ДИНАМИКА КРИОЛИТОЗОНЫ И ТЕНДЕНЦИИ ЕЕ РАЗВИТИЯ

В настоящее время ММП находится в состоянии деградации, о чем, в частности, свидетельствуют термокарстовые озера. Отмечена миграция южной границы распространения ММП в Мезенской тундре за последние 150 лет в связи с изменениями климатических условий (рис. 2) (Игловский, Спахова, 1997). С XV по начало XIX вв. в регионе наблюдалось устойчивое похолодание (Малый ледниковый период).



**Рисунок 2.** Карта Мезенской и Канинской тундр и положение южной границы ММП в разные годы (на врезке – фрагмент спектронального космического снимка спутника Landsat-7 на территорию Койдинского ключевого участка). 1 – Беломорско-Кулойский уступ; 2 – абразионные береговые уступы; 3 - положение южной границы ММП в разные годы: 1857 г. по Шренку, (1885); 1933 г. по Датскому, (1937); 1940 г. по Манько, (1958); 1953 г. по материалам геол. партий № 252, 253, 272, 273; 2000 г. по оригинальным данным; 4 – сейсмогенные зоны по Юдахину, (2002): А – Онежско-Чешская северо-восточного простирания, Б – Кольско-Мезенская северо-западного простирания; 5 – скважины и шурфы, вскрывшие мерзлоту (п. 272-1, п. 272-2 – геол. партия № 272 (1953 г.); 141, 143, 329, 330, 334, 337, 1544, 1568, 1579 – геол. партия № 252, 253 (1952 г.); 2000-1, 2000-2, 2002-1, 2002-2 – лаб. № 10 ИЭПС УрО РАН (2000, 2002 г.)) Болотов, Игловский, (2002); 6 – профиль отбора проб грунтов № I-VIII.

В 1837 г. А.И.Шренк (1885) отметил южную границу ММП по правобережью устья р. Мезень вблизи г. Мезени, т.е. примерно на  $65^{\circ}50'$ . Он писал, что в устье отмечались постоянно мерзлые грунты, которые вскрывались на глубине около 2 м. Начавшееся в XIX веке постепенное потепление климатических условий привело к деградации ММП. В 1933 г. Н.Г.Датский (1937) не обнаружил ММП в окрестностях г. Мезени, а их южную границу установил на 35 км севернее – в районе с. Семжи ( $66^{\circ}09'$ ). В 1940 г. М.А.Манько (1958) уточнил исследования Н.Г.Датского, обнаружив спорадические острова ММП в торфяных буграх пучения в 15 км к северу от Мезени в районе с. Пьи ( $66^{\circ}03'$ ). За этот период произошла миграция южной границы ММП к северу на 15 км, обусловленная повышением среднегодовых температур воздуха в районе Мезени (с  $-1,6^{\circ}\text{C}$  в 1883-1915 гг. до  $-0,6^{\circ}\text{C}$  в 1916-1930 гг.). В 1952 г. южная граница ММП фиксировалась между  $66^{\circ}15'$  -  $66^{\circ}20'$  - от района с. Майды и далее вдоль берега Белого моря (по материалам геол. партий). Что касается современной южной границы ММП, то по нашим данным она предположительно близка к границе 1953 г., но располагается несколько южнее (рис. 2). В окрестностях г. Мезень в настоящее время ММП не обнаружены.

Криогенные процессы пучения, термокарста являются индикаторами деградационной тенденции современного развития многолетнемерзлых пород, чем подтверждается правомерность **второго защищаемого положения**.

## ГЛАВА 5 ПЕЩЕРНО-КАРСТОВЫЕ ЛЬДЫ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОГО ПЛАТО

Пещерно-карстовые льды распространены на юго-востоке Беломорско-Кулойского плато (Пинега) вне области распространения ММП. Здесь расположен массив нижнепермских гипсоангидритов, перекрытых верхнепермскими огипсованными красноцветами и известняками, явившийся основой для развития пещер, миграции водных потоков, формирования ледяных образований. Были проведены исследования в пяти пещерах (Голубинский Провал, Г-1, Ледяная Волна, Китеж, Малая Голубинская, Большая Голубинская). Образование карстовых форм здесь обусловлено высокой скоростью выноса веществ из массива - до  $684 \text{ т/км}^2$  в год (Шаврина, 1998). В результате, наблюдается высокая плотность карстовых форм - 100 - 500 на  $1 \text{ км}^2$ , в зонах слабо развитого рыхлого четвертичного покрова - до 2800 на  $1 \text{ км}^2$  (Малков, 1998).

## 5.1 ЛЕД В КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРАХ

Для юго-востока Беломорско-Кулойского плато по генезису различают следующие виды пещерно-карстового льда: натечный (кора обледенения), капельно-натечный (сталактиты, сталагмиты, сталагматы), снежно-водяной (пещерный), и сублимационный (пещерная изморозь). На формирование ледяных образований в пещерах оказывают воздействие факторы, связанные с микроклиматом пещер, гидродинамикой в них и морфологией полостей. Поэтому пещерные льды являются индикаторами гидродинамики и гляциодинамики в пещерах (Игловский, Шварцман, Шаврина, 2000). Низкие среднегодовые температуры воздуха на поверхности ( $-0,5^{\circ}\text{C}$ ) и внутри пещер приводят к развитию ледяных образований. Значительные объемы подземных льдов образуются в зоне отрицательных температур привходовых участков пещер, имеющих глубину до 20 м. Протяженность этой зоны до 100 - 200 м. Далее идет буферная зона и зона стабильных температур. Взаимодействие вышеперечисленных зон заключается в двукратном повышении температур воздуха в зимнее время уже на расстоянии 10-15 м от входа и 3-х кратном их понижении в летний период. В условиях длительного промерзания карстующихся пород, даже при значительной раскрытости входа в пещеру, действует температурная компенсация, обеспечивающая сохранность льда. Формирование льда происходит преимущественно за счет вод, поступающих из зоны вертикально-нисходящей циркуляции, зоны горизонтальной циркуляции вод и частично в зоне атмогенной (сублимационной) кристаллизации (Максимович, 1963). Роль метаморфического и сублимационного питания в образовании льдов незначительна. В пределах территории имеют место все генетические типы ледяных образований в пещерах при большом их видовом и морфометрическом разнообразии (Игловский, Шаврина, Шварцман, 2000). Ледяные образования сублимационного класса (кристаллы и сростки кристаллических форм) отличаются меньшим видовым разнообразием и объемом. Осадочно-метаморфические льды образуются в привходовых участках пещер, имеют незначительные объемы и подчиненное значение. Особенности химизма подземных льдов обусловлены высокой скоростью растворения сульфатных пород и активностью циркуляции карстовых вод, насыщенных  $\text{CaSO}_4$ .

## 5.2 ДИНАМИКА КАРСТА

Общее состояние льдов в пещерах определяется высоким уровнем активности карстовых процессов, обусловленных неотектоническими условиями, увеличением количества осадков в весенне-летний период. Дина-

мика процессов в карстовых формах рельефа складывается за счет взаимодействия изменяющихся в пространственно-временном отношении сезонных и многолетних параметров. С момента спелеологических исследований территории Е.В.Шавриной (2000) отмечается 25 лет относительной стабильности карстовых процессов и их резкое усиление с начала 90-х годов (возрастание активности экзогенных геологических процессов (ЭГП), увеличение скорости, минерализации карстовых вод, снижение объема многолетних льдов). Значительны перепады паводкового и межженного уровней, расхода и минерализации карстовых вод.

### **5.3 СПЕЦИФИКА ПОДЗЕМНОЙ ГЛЯЦИОДИНАМИКИ**

Длительность существования ледяных образований определяется зональными (температура воздуха на поверхности) и азональными факторами (циркуляция в массиве паводковых водных и воздушных потоков и температурой воздуха в пещерах). Изменение их приводит к деструкции ледяных форм. Пещеры являются фрагментами транзита или разгрузки подземных потоков. Ледяные образования в них разрушаются как от механического, так и от температурного воздействия потоков. По мере изменения характера питания водами зоны вертикально-нисходящей циркуляции возможно смещение положения зоны развития сезонных ледяных образований, и даже полное прекращение их формирования с последующей метаморфизацией, сухой возгонкой льда и полным его исчезновением (Игловский, Шаврина, Шварцман, 2000). При невысоких скоростях движения воздуха, изменения направления воздушных потоков, связанные с гравитационными процессами внутри пещер, приводят к таянию пещерно-карстовых льдов. Максимальный возраст пещерных льдов района был установлен для ледяного тела в пещере Юбилейная (Сотка-26) экзогенным отрядом ОАО «Архгеологии», и составляет 200 лет (определение проводилось радиоуглеродным методом по остаткам древесины, вмёрзшей в лед) (Малков, Шаврина, 1991). Анализ многолетних данных показывает, что отмечается цикличность в соотношении таяние - рост ледяных образований. В настоящее время объемы льдов сократились по сравнению с наблюдавшимися 5 - 15 лет тому назад (на 60% объем наледей в пещерах Голубинский Провал и Ледяная Волна). Происходящее в последние годы усиление интенсивности динамических процессов привело к изменениям в облике карста. Вскрылись ранее известные пещеры - Ледяная Волна, одна из Кулогорских пещер (Шаврина, 2002; Франц, 2000). В 80-е г. XX века входы в них были закрыты ледяными пробками. Результаты исследований, указывающие на деградиционную тенденцию

распространения пещерно-карстовых льдов, позволили автору обосновать первое и второе защищаемое положение.

## **ГЛАВА 6. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

### **6.1 АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В КРИОЛИТОЗОНЕ**

Основными видами *антропогенного воздействия* на криолитозону исследуемого района являются геологоразведочные работы, строительство, хозяйственная деятельность человека, локальное загрязнение территории. В Мезенской и Канинской тундрах существует специфическое локальное «ракетное» загрязнение экосистем при падении отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧРН) (космодром «Плесецк») с невыработанными остатками компонентов ракетного топлива. В месте падения происходит локальная трансформация фаций и их загрязнение, которое при низкой микробиологической активности почв не разлагается, а накапливается в верхних горизонтах пород криолитозоны (Власов, Кричевский, 1999; Совершаева и др., 2000, Шварцман и др., 2003). Эффективным методом оценки антропогенного воздействия на криолитозону региона служат мерзлотно-эколого-геохимические исследования. Одними из ключевых загрязнителей в исследуемом регионе являются радионуклиды, тяжелые металлы, нефтепродукты. Максимально отмеченные концентрации цинка в почвах в окрестностях с. Койды в 4,3 раза ниже предельно-допустимых концентраций (ПДК), никеля в 11,4 раза ниже ПДК, свинца в 1,5 раза ниже ПДК, однако концентрации меди в одной из проб показала превышение ПДК в 3,5 раза, цинка в 1,5 раза. Во всех отобранных пробах мы отмечали превышение ПДК по кобальту в 2-2,5 раза. Максимумы по содержанию среди всех измеряемых элементов в Койде показала проба, отобранная под фрагментами ступени ОЧРН. Содержание ртути, хлорорганических пестицидов, радионуклидов во всех исследованных пробах оказалось ниже порога обнаружения. Техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами, изученное на ключевом участке Несь, выражено слабее, чем в Мезенской тундре. Среди анализируемых элементов превышение ПДК не обнаружено. Как и в Мезенской тундре, содержание ртути и хлорорганических пестицидов во всех исследованных пробах оказалось ниже порога обнаружения. Максимальные содержания Цезий-137 и Калий-40 в торфах здесь оказались заметно выше, чем в Мезенской тундре. Наиболее интенсивной антропогенной трансформации подверглись территории в



районе ключевого участка Шойна. Интенсивное использование гусеничного транспорта на данной территории привело к активизации эоловых процессов и шумовому загрязнению. Активная деятельность военно-промышленного комплекса на этой территории привела к следующим проблемам: 1) нарушению ландшафтов на площади порядка 20 км<sup>2</sup> в ходе строительства аэродрома, в т.ч. полному удалению растительного покрова и почвы на участке 10 км<sup>2</sup> (сейчас здесь наблюдается широкий спектр стадий вторичной сукцессии); 2) развитию дорожной сети для гусеничного транспорта, изменившей естественный облик ландшафтов; 3) захламлению тундр и морского побережья; 4) наличию на побережье участков грунта с интенсивным загрязнением нефтепродуктами.

Существенное влияние на растительность и верхние горизонты криолитозоны оказывают многотысячные миграции оленей с севера полуострова Канин в район юго-востока Беломорско-Кулойского плато. Расположение ключевых участков (Шойна и Несь) на пути перегона оленьих стад привело к интенсивному нарушению ландшафтов, которое заключается в делихенизации и фрагментировании растительного покрова.

*Карстовые территории* представляют собой зоны повышенной опасности при строительстве, прокладке дорог, сплошных рубках леса. Пещеры региона с развитием ледяных образований обладают значительным рекреационным, научно-информационным, эстетическим потенциалом (Иглоковский, Шаврина, Шварцман, 2000). Для карстовых пещер Пинегинского полуострова многолетний лед в условиях трещиноватых пород продлевает время существования пещер. Поэтому разрушение льда наносит экологический ущерб территории. Антропогенное воздействие на ледяные пещеры проявляется в изменении их микроклимата и загрязнении полостей. Основными факторами антропогенного влияния на микроклимат пещер являются дорожное строительство, оборудование искусственных входов в пещеры, увеличение посещаемости в летний период.

## **6.2 ИЗМЕНЕНИЯ БИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМ**

Начиная с конца XIX века, происходил процесс антропогенного изменения ландшафтов изучаемой территории. Деятельность человека приводит к перестройкам биотического компонента экосистем криолитозоны - возникновению биогеоценозов, по условиям среды имеющих сходство с естественными биогеоценозами более южных зон. Учитывая расширение площадей антропогенных биотопов в криолитозоне и возможные тенденции к потеплению климата, можно предположить сокращение распространения коренных видов биоты региона и замену их выходцами из юж-

ных природных зон (Шварцман и др., 2001). Это может привести к сглаживанию различий между компонентами экосистем зон тундры, тайги.

### **6.3 ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ**

*Прогноз возможного развития криолитозоны.* Можно предположить несколько сценариев развития криолитозоны (таблица). 1. В рамках естественного развития криолитозоны и при рациональном природопользовании изменения в ней будут незначительными. 2. При относительно невысоких темпах потепления климата и его незначительном влиянии на криолитозону и рациональном природопользовании изменения в ней будут не существенными. 3. При изменениях климата и усилении антропогенного воздействия на криолитозону будет наблюдаться активизация деструктивных криогенных процессов. 4. При высокоскоростных изменениях климата и интенсификации геологоразведочных и добывающих работ в криолитозоне будет наблюдаться активизация деструктивных криогенных процессов и трансформация ее компонентов. С нашей точки зрения, наиболее вероятными являются 2 и 3 сценарии.

По данным А.В.Павлова и Г.Ф.Грависа (2000; Вечная мерзлота..., 2002) к 2020 г. для тундровой зоны Европейского Севера России ожидаемое повышение температуры поверхности грунтов составит  $0,8^{\circ}\text{C}$ , а к 2050 г.  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Современный рост температуры воздуха и количества снежных осадков обуславливает тенденцию к деградации криолитозоны. По данным С.Е.Гречищева (Вечная мерзлота..., 2002), район распространения криолитозоны в пределах Мезенской и южной части Канинской тундр к 2025 году может исчезнуть, если потепление будет продолжаться 30-50 лет, а затем условия не будут изменяться. В работе (Мельников и др., 1999) для криолитозоны района на предстоящие 20 – 50 лет был выделен современный комплекс криогенных процессов: островной и редкоостровной криолитозоны в пределах преимущественно плейстоценовых террас и равнин, сложенных сверху эпикриогенными отложениями среднелдистыми, реже высокольдистыми. Для западной части Мезенской равнины к 2020-2050 г. территории с СТС могут трансформироваться в территории с СМС. Для о. Моржовец возможна широкая активизация криогенных процессов, а для территории Мезенской и Канинской тундр будет отмечаться локальная активизация криогенных процессов. Возможна локальная активизация термоэрозии, термокарста, термоабразии, многолетнего пучения. Такая активизация процессов может привести к дополнительным затратам при освоении данной территории. Если оправдаются приведенные выше прогнозные оценки умеренного (а тем более резкого) потепления климата,

то в середине XXI века облик мерзлоты существенно изменится.

*Прогноз возможного изменения карста.* Важной проблемой охраны территории является оценка степени антропогенного воздействия на карст. Для района развития карста выделяется ряд природных и антропогенных факторов стрессового развития ЭГП, при действии которых возможно как усиление, так и ослабление процессов (Игловский и др., 2000). Большинство факторов оказывают прогрессивное воздействие, активизирующее развитие процессов. Важно сохранение типичных и уникальных карстовых объектов, имеющих естественноисторическое значение и обладающих большой эстетической ценностью. Необходимы критерии оценки рисков, связанных с воздействием карстового процесса для обеспечения безопасности ведения хозяйственной деятельности, охраны и туристического использования территорий (Шаврина, 2002).

Таблица 1. Возможные сценарии развития криолитозоны региона в XXI веке

	СИЛЫ	СЛАБОСТИ
ВОЗМОЖНОСТИ	<p><b>СИЛЫ-ВОЗМОЖНОСТИ (СЦЕНАРИЙ)</b></p> <p>1) Гомеостаз криолитозоны не нарушится при незначительных климатических изменениях.</p> <p>2) Основные компоненты криолитозоны не будут разрушаться при рациональном природопользовании в комплексных разработках нефтегазовых месторождений.</p> <p>3) Высокая эстетическая ценность разнообразных форм пещерно-карстового льда будет являться одним из факторов активизации туризма и соответственно экономического развития региона.</p>	<p><b>СЛАБОСТИ-ВОЗМОЖНОСТИ (СЦЕНАРИЙ)</b></p> <p>1) Продолжающаяся деградация криолитозоны не будет резко активизироваться при относительно невысоких темпах потепления климата. Трансформация компонентов криолитозоны будет происходить в рамках естественных климатических колебаний.</p> <p>2) Деградацию компонентов криолитозоны можно сократить при использовании комплексных рациональных подходов при инженерно-геологическом освоении территории.</p> <p>3) Деградация подземного оледенения не будет интенсивно активизировать ЭГП в карстовых формах рельефа при относительно невысоких темпах потепления климата и снижения антропогенной нагрузки на пещеры.</p>
УГРОЗЫ	<p><b>СИЛЫ-УГРОЗЫ (СЦЕНАРИЙ)</b></p> <p>1) Криолитозона будет трансформироваться под влиянием изменений климата.</p> <p>2) Криолитозона будет трансформироваться под воздействием антропогенных факторов (интенсификации поисковых и добывающих работ на нефть и газ). Это будет сопровождаться активизацией деструктивных криогенных процессов.</p> <p>3) Пещерно-карстовый лед будет разрушаться под воздействием антропогенных факторов. Это будет сопровождаться деградацией подземного оледенения в пещерах и активизацией опасных ЭГП.</p>	<p><b>СЛАБОСТИ-УГРОЗЫ (СЦЕНАРИЙ)</b></p> <p>1) Состояние криолитозоны будет нарушено в результате региональных проявлений глобальных изменений климата и антропогенного воздействия, будет наблюдаться широкая трансформация ее компонентов.</p> <p>2) Недостаток информации о протекании криогенных процессов при интенсификации геологоразведочных и добывающих работ может повлиять на состояние криолитозоны из-за нерационального природопользования.</p> <p>3) Усилится деградация подземного оледенения и активизация деструктивных криогенных процессов в результате региональных проявлений глобальных изменений климата и антропогенного воздействия.</p>

## 6.4 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Для разработки региональной концепции освоения криолитозоны и ме-

роприятий по охране и защите окружающей среды необходимо реализовать комплексный подход, предусматривающий систему природоохранных мероприятий, ликвидацию или ограничение нежелательных последствий, с использованием методов регулирующих внешний теплообмен, тепло- и массообмен в ММП, биологическую и инженерную рекультивацию нарушенной природной обстановки, которая будет направлена на восстановление нарушенных территорий (Москаленко, 1999). Одним из первоочередных гидрогеологических мероприятий в криолитозоне района является мероприятия по защите подземных вод от загрязнения и истощения, оценка естественной защищенности подземных вод. Важна необходимость создания специальных водоохраных зон.

В Архангельской области имеются большие возможности для расширения современной сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в криолитозоне. Автор согласен с мнением В.Г.Сергиенко (1988); Б.В.Ермолина (2002), что в список будущих ООПТ следует дополнительно включить типичные и уникальные природные территории и объекты. Среди литосферных памятников природы, расположенных в криолитозоне, а также вблизи южной границы ММП и нуждающихся в охране, следует отметить: обнажения венда на Зимнем берегу Белого моря, флоры девона на севере Чешской губы, Олимпийскую карстовую пещеру, разрезы четвертичных отложений на реке Пезе, на междуречье Мезени и Вашки. Для сохранения редких видов растений следует включить в перечень ООПТ район Микулкина Носа, также район самого северного «лесного острова» около мыса Конушин, лиственничный «остров» в долинах рек Несь и Семжа. Для уменьшения антропогенного воздействия на флору криолитозоны необходимо создать ботанические заказники, которыми исследуемая территория не обеспечена.

*Мероприятия по охране окружающей среды на закарстованных территориях.* Для оптимизации охраны, изучения и рационального использования карстовых ресурсов, требуется принятие блока стратегических задач. Это создание на базе Пинежского заповедника и заказников сети комплексного мониторинга развития карста и криогенных процессов; формирование на его основе базы данных активных обстановок современного развития карста с комплексом рельефообразующих ЭГП; создание базы данных чрезвычайных ситуаций, происходящих на территории развития карста; организация экспертного совета для оценки риска и принятия управляющих решений при освоении территорий развития карста (Шаврина, 2002). Предлагаемые меры позволят решать задачи изучения,

охраны и использования карстовых ресурсов, дадут возможность значительно сократить риски от аварий и катастроф на территориях развития карста.

Материалы изложенные в данной главе позволили обосновать **третье защищаемое положение.**

### **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ**

Основные результаты исследований, отражающие новизну, теоретическую и практическую значимость диссертации, заключаются в следующем.

1. Криолитозона Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин представлена ММП островного и редкоостровного типов распространения (с температурой пород от 0 до  $-1^{\circ}\text{C}$  и мощностью до 15 м, глубиной сезонного оттаивания до 0,7 м), которые приурочены в основном к торфяникам; сезонномерзлыми породами; криогенными формами рельефа - преимущественно миграционными буграми пучения высотой от 0,7 до 3 м, диаметром 2,5-30 м; термокарстовыми озерами (сетчатый рисунок с озерами и впадинами глубиной от 0,4 до 2 м и диаметром до 3 м), термоабразионными формами (быстро разрушающимися мерзлыми берегами), термоэрозией; структурными грунтами; а также подземным многолетним пещерно-карстовым льдом в карстовых полостях .

2. Зональность в распространении ММП связана с зональностью климата, причем пространственно-временная динамика ММП и пещерно-карстового льда зависит от региональных изменений климата в XX веке: южная граница ММП за последние 150 лет отступила к северу (в середине XX века), что однозначно указывает на деградацию криолитозоны в исследуемом регионе.

3. Развитие пещерно-карстовых льдов обусловлено морфологией пещер, гидродинамикой, микроклиматом, циркуляцией воздуха и вод, характером паводково-меженного уровня вод, химическими процессами в воздухе и воде пещер, причем формирование льдов происходит в зонах вертикально-нисходящей, горизонтальной циркуляции вод, чаще всего в 150-200 метровой привходовой зоне карстовых пещер.

4. Основными видами антропогенного воздействия на криолитозону исследуемого региона являются геологоразведочные работы, строительство, хозяйственная деятельность человека, локальное загрязнение территории остатками частей ракет-носителей, которые привели к локальным (слабым и умеренным) изменениям в криолитозоне Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Динамика зоны многолетнемерзлых пород на севере Архангельской области по данным дешифрирования космических снимков // Поморье в Баренц-регионе. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 1997. С. 147 (соавтор Спахова Е.С.).
2. Развитие многолетнемерзлых пород в Зимнебережно-Архангельском районе по данным дешифрирования космических снимков // IX Ломоносовские чтения. Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова, 1997. С. 170-172
3. Метод трансект в Архангельской области // Экология-98 г. Архангельск: АГТУ, 1998. С. 79-80.
4. Развитие криогенных процессов в Пинежском заповеднике // Научно-техническая политика и развитие новых отраслей экономики Архангельской области. Архангельск: АГТУ, 1998. С. 276-277.
5. Динамика зоны вечной мерзлоты в связи с изменениями климата на севере Архангельской области // Assessing the Consequences of Global Changes for the Barents Region: BASIS. СПб: НИИ АА, 1998. С. 16 (соавтор Ю.Г.Шварцман).
6. The dynamic of the permafrost in connection with climatic changes in the north of the Arkhangelsk region // International SCANTRAN meeting and IGBP terrestrial transact for Scandinavia // Northern Europe. Rovaniemi, Finland, 1998. P. 59 (соавтор Ю.Г.Шварцман).
7. Climatic Changes in the North of the Arkhangelsk Region and dynamics of the permafrost // Northern development and Sustainable Livelihoods: Aberdeen, Scotland, 1999. P. 31.
8. The Dynamics of the Permafrost in connection with climatic changes in the north of the Archangelsk region // Global changes and Barents Sea Region. University of Munster. Germany. 1999. P. 390 (соавтор Ю.Г.Шварцман).
9. Современное состояние многолетней мерзлоты и методы изучения ее при помощи трансект на территории Беломорско-Кулойского плато // Проблемы Северо-Запада: Экология и образование. Санкт-Петербург: РГПУ, 1999. С.134-135.
10. Возможная взаимосвязь между температурой приземного слоя воздуха на лесных вырубках и тектоническим строением // Проблемы Северо-Запада: Экология и образование. Санкт-Петербург: РГПУ, 1999. С. 135-136 (соавтор И.А.Потапов).
11. Развитие геокриогенных процессов на территории Беломорско-Кулойского плато // Геодинамика и геоэкология. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 1999. С. 142-145.
12. Город Архангельск и окружающая его среда по данным радиолокационной космосъемки // Геодинамика и геоэкология. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 1999. С. 240-242 (соавтор Д.Р.Марданова).
13. Развитие геокриогенных процессов на территории Беломорско-Кулойского плато Архангельской области // Проблемы охраны изучения природной среды русского Севера. Пинега: ГЗП, 1999. С. 52-54 (соавторы Ю.Г.Шварцман, Е.В.Шаврина).
14. Climate Variation and dynamic ecosystems of the Archangelsk region // Chemosphere. Global Change Science, 1999. №1. P. 417-428 (соавторы Ю.Г.Шварцман, В.А.Барзут, С.В.Видякина).
15. The Dynamics of the Permafrost in connection with climatic changes in the north of the Archangelsk region // European Commission. Ecosystem research report № 31. Belgium, 1999. P.111 (соавтор Ю.Г.Шварцман).
16. Динамика мерзлоты и оледенения в связи с изменениями климата в Пинежских пещерах // Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 92 (соавторы Н.С.Игловская, Ю.Г.Шварцман, И.Н.Болотов).
17. К вопросу о динамике южной границы островных и редкоостровных многолетнемерзлых пород // Поморье в Баренц-регионе. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 93.
18. Природные ритмы геокриогенных процессов на территории Беломорско-Кулойского плато // Ритмы природных процессов в криосфере Земли. Пушино: РАН, 2000. С. 70-71 (соавторы Ю.Г.Шварцман, Е.В.Шаврина).
19. Мониторинг южной границы многолетнемерзлых пород в Архангельской области в связи с динамикой подземных вод и изменениями климата // Проблемы экологии человека. Архангельск: ИФПА УрО РАН, 2000. С.92-97 (соавтор А.И.Малов).

20. Развитие геокриогенных процессов на территории Беломорско-Кулойского плато Архангельской области // Экология. Север. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 176-190 (соавторы Ю.Г.Шварцман, Е.В.Шаврина).
21. Динамика южной границы ММП и изменения климата на севере Архангельской области // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Мурманск: ММБИ, 2000. С. 75-80.
22. Сезонная динамика группировок булавоусых чешуекрылых естественных и антропогенно трансформированных биотопов северной тайги Архангельской области. I. Видовой состав и структура // Поморье в Баренц-регионе. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 264 (соавторы Ю.А.Шваков, И.Н.Болотов, Ю.Г. Шварцман).
23. Сезонная динамика группировок булавоусых чешуекрылых естественных и антропогенно трансформированных биотопов северной тайги Архангельской области. II. Фенология, плотность имаго и видовое разнообразие // Поморье в Баренц-регионе. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 36-37 (соавторы И.Н.Болотов, Ю.Г. Шварцман).
24. Региональные изменения климата и состояние экосистем Европейского Севера России // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Апатиты, ММБИ, 2001. С. 101-119 (соавторы Ю.Г.Шварцман, И.Н.Болотов).
25. Геокриогенные процессы в Зимнебережно-Архангельском районе по данным наземных и космических исследований // Сырьевая база России в XXI веке. Архангельск: АГД. 2001. С. 65-68.
26. Предварительные результаты почвенно-геокриологических исследований на территории Соловецкого архипелага // Молодые ученые Поморья. Архангельск: ПГУ, 2001. С. 20-21.
27. Изменения южной границы многолетнемерзлых пород в связи с динамикой подземных вод в Архангельской области // Сергеевские чтения. М.: РАН, ГЕОС, 2001. С. 90-93.
28. Состояние ММП в связи с региональными изменениями климата на Европейском Севере России // Вторая конференция геокриологов России. М.: МГУ. Т. 3. 2001. С. 128-134.
29. Температурные характеристики деятельного слоя в буграх пучения Европейского Севера (на примере Мезенской тундры) // Консервация и трансформация вещества и энергии в криосфере Земли. Пушино: РАН, 2001. С. 120.
30. Современное состояние и динамика мерзлотных ландшафтов в Архангельской области // Географические идеи и концепции как инструмент познания окружающего мира. Иркутск: ИГ СО РАН. 2001. С. 40-42.
31. Современное состояние компонентов мерзлотных экосистем Мезенской тундры (Европейский Север России) // Сергеевские чтения. М.: РАН, ГЕОС, 2002. С. 421-425 (соавтор И.Н.Болотов).
32. Криолитозона западной части Европейского Севера России // Экология северных территорий России. Архангельск. ИЭПС УрО РАН. 2002. Т. 1. С.313-318.
33. Геоэкологическое состояние Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата // Экология северных территорий России. Архангельск. ИЭПС УрО РАН. 2002. Т. 1. С. 47-52 (соавторы Ю.Г.Шварцман, И.Н.Болотов).
34. Антропогенное воздействие на ландшафты Мезенской тундры в зоне распространения многолетнемерзлых пород // Актуальные проблемы биологии и экологии. Сыктывкар: Коми УрО РАН, 2002. С. 56-57.
35. Особенности криолитозоны Канинско-Тиманского геокриологического региона (на примере южной части Канинской тундры) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. Сыктывкар. 2003. С. 53-55.
36. ЭГП города Архангельска как важнейший градобразующий фактор // Город в Заполярье и окружающая среда. Сыктывкар, 2003. С.131-134 (соавтор Н.С.Игловская).
37. Особенности криолитозоны южной части Канинской тундры // Экология 2003. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2003. С. 31-32.
38. Тяжелые металлы в почвах Соловецкого архипелага // Экология 2003. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2003. С. 85-86 (соавторы Ю.Г.Шварцман, И.Н.Болотов, Р.В.Бузинов, Л.Е.Савонина).
39. Город Архангельск как система с точки зрения георурбанистики // Экология 2003. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2003. С. 233 (соавтор Н.С.Игловская).

40. Современное геоэкологическое состояние ландшафтов Мезенской тундры // Вестник Поморского университета.. Архангельск: ПГУ. 2003. № 1 (3). С. 42-55 (соавторы Ю.Г.Шварцман, И.Н.Болотов).
41. Современное геоэкологическое состояние ландшафтов Канинской тундры // Вестник Поморского университета.. Архангельск: ПГУ. 2004. № 1 (4) С. 13-28 (соавторы Ю.Г.Шварцман, И.Н.Болотов, Д.Ю.Поликин).
42. Криолитозона Канинской тундры // Криосфера нефтегазовых провинций. Институт криосферы Земли. Тюмень. 2004. (в печати).
43. Антропогенное воздействие на криолитозону Канинской тундры // Актуальные проблемы биологии и экологии. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар. 2004. (в печати).