

На правах рукописи



ОСАДЧАЯ ГАЛИНА ГРИГОРЬЕВНА

**МЕРЗЛОТНО-ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОСВОЕНИИ**

Специальность 25.00.31 – Гляциология и криология Земли

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора географических наук

Научный консультант:

доктор географических наук,
старший научный сотрудник
Шполянская Нелла Александровна

Москва-2016

Работа выполнена на кафедре экологии, землеустройства и природопользования Института геологии, нефтегазодобычи и трубопроводного транспорта ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет

Научный руководитель **Шполянская Нелла Александровна**
Доктор географических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Официальные оппоненты **Дроздов Дмитрий Степанович**
Доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора по науке Института криосферы Земли СО РАН, г. Москва

Кочуров Борис Иванович
Доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела физической географии и проблем природопользования Института географии РАН, г. Москва

Куницкий Виктор Владимирович
Доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории общей геоэкологии Института мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск

Ведущая организация **Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск**

Защита состоится «02» марта 2016 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криологии Земли, картографии (Д-501.001.61) в Московском Государственном Университете им. М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, МГУ, географический факультет, 21 этаж, ауд.2109.

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций Научной библиотеки Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, Ломоносовский проспект, 27, А8. Полный текст диссертации размещен на сайте ИСТИНА:

<http://istina.msu.ru/media/dissertations/dissertation/396/66f/29922900/Dissertatsiya.pdf>.

Автореферат разослан «__» _____ 2016 года. Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения) просим направлять по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, МГУ, географический факультет, учёному секретарю диссертационного совета Д-501.001.61, e-mail: malyn2006@yandex.ru, факс +7(495) 932-88-36.

Учёный секретарь диссертационного совета
Кандидат географических наук



А.Л. Шныпарков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Долгосрочные планы развития народного хозяйства в XXI веке для Европейского Севера, расположенного в области распространения многолетнемерзлых пород (ММП), связывают в первую очередь с освоением сырьевых ресурсов. Поэтому территориальное планирование всех объектов хозяйствования в этом регионе, а также проектирование объектов нефтегазовой и транспортной инфраструктуры, ориентировано в первую очередь на инженерные решения, позволяющие использовать информацию о мерзлотно-инженерно-геологических параметрах территории главным образом для снижения экономических затрат на ее освоение. Однако при этом практически не реализуется комплексный сбалансированный подход к освоению криолитозоны, учитывающий в равной степени интересы общества как экономического, так и социально-экологического характера. На сегодняшний день практически отсутствуют действенные механизмы и методы, позволяющие внедрять результаты научных исследований мерзлотно-экологического характера в современную практику природопользования в криолитозоне.

Наличие ММП, их зональные и региональные особенности требуют определенных ограничений в промышленном освоении криолитозоны. Соблюдение этих ограничений обеспечит не только стабильное экономическое развитие региона, но и устойчивое существование традиционных видов природопользования, а также сохранение экологического статуса территории, являющейся составной частью экологического пространства не только России, но и всей Евразии. В связи с этим, весьма актуальным в настоящее время является изучение мерзлотно-ландшафтной дифференциации северных территорий и на основе полученных результатов разработка методологических подходов и методических приемов обоснования системы ограничений к природопользованию в криолитозоне, позволяющая комплексно учитывать как экономические, так и социально-экологические категории хозяйственного управления в северных регионах. Не менее значимым является разработка перечня необходимых конкретных мер по последовательному совершенствованию законодательных и административных механизмов недропользования (прежде всего – разработка и дополнение ряда законодательных актов и положений), которые позволят более полно реализовать геоэкосоциосистемный подход к освоению территорий в криолитозоне.

Объектом исследования является криолитозона Большеземельской тундры.

Предмет исследований – территориальные взаимосвязи между ландшафтной структурой и параметрами криолитозоны, а также – современное

состояние криолитозоны Большеземельской тундры в условиях расширяющегося промышленного освоения.

Цель работы: разработка (на примере Большеземельской тундры) теоретических и методологических основ обеспечения рационального природопользования в условиях криолитозоны с учетом мерзлотно-ландшафтных особенностей территории для максимально полной реализации геоэкосоциосистемного подхода к освоению территории.

Задачи работы:

1. Оценить современную изученность мерзлотно-ландшафтных параметров криолитозоны Большеземельской тундры (БЗТ) и изучить степень разработанности для региона методов ландшафтной индикации мерзлотных условий.

2. Произвести ландшафтную дифференциацию территории БЗТ и определить параметры криолитозоны внутри нее. Установить территориальные взаимосвязи между ландшафтной структурой крупно- среднемасштабного уровня и параметрами криолитозоны.

3. Разработать систему региональных ландшафтных индикаторов (в ранге урочищ), позволяющую провести мерзлотно-ландшафтное обоснование геоэкологической зональности БЗТ.

4. Составить геоэкологическую карту БЗТ М 1:1 000 000, основанную на использовании метода мерзлотно-ландшафтной индикации.

5. Провести диагностику экологического состояния криолитозоны, определить уровни остроты экологической ситуации для природных ландшафтов Большеземельской тундры.

6. Разработать систему ограничений к природопользованию, основанную на крупно- среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных исследованиях.

7. Предложить механизм реализации и инструментарий для законодательно-административного обеспечения сбалансированного развития криолитозоны БЗТ, учитывающий как экономические, так и социально-экологические аспекты управления природопользованием.

Личное участие автора. Фактический материал и методика исследований

Защищаемая работа является результатом более чем 30-летней деятельности автора в качестве руководителя и исполнителя научно-исследовательских и научно-производственных работ. Большая часть материалов получена лично автором или руководимыми им сотрудниками с учетом его идей и разработанных методических приемов.

Исследования были реализованы в рамках научно-исследовательских и договорных научно-производственных работ, проводившихся институтом ПечорНИПИнефть, г. Ухта (1979-1999 гг.), Институтом управления, информации и бизнеса, г. Ухта (2003-2013 гг.), Ухтинским государственным техническим

университетом (2013-2016 гг.). Научно-производственные и научно-исследовательские работы включали в себя мерзлотно-инженерно-геологические съемки (картографирование среднего и крупного масштабов), инженерно-экологические съемки крупного масштаба, геоэкологические исследования лицензионных участков недр в криолитозоне с последующим преимущественно среднемасштабным картографированием параметров природной среды, а также мониторинговые, в том числе режимные, наблюдения. Основными объектами полевых исследований были территории нефтяных месторождений (лицензионные участки недр) и отдельные площадные и линейные инфраструктурные объекты в пределах Большеземельской тундры.

Полевые и камеральные исследования выполнялись по общепринятым технологиям и методикам, адаптированным для решения поставленных научно-исследовательских задач. Большое внимание уделялось накоплению информации, ее анализу, научно-обоснованному обобщению данных. Также использовались официальные статистические материалы муниципальных кадастров объектов недвижимости, которые интерпретировались в соответствии с задачами исследования.

Защищаемые положения

1. Автором предложена концепция мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей, в основу которой положена территориальная взаимообусловленность категорий «урочище – морфология ландшафта – ландшафтная индикация – геокриологическая зональность». Использование концепции позволяет устанавливать зональные и региональные закономерности развития ММП, выявлять ландшафты-индикаторы геокриологических условий, уточнять границы геокриологических зон. Концепция является универсальной для применения в любом регионе криолитозоны. В работе она реализована на примере БЗТ.

2. Выявлена разнонаправленная реакция многолетнемерзлых пород на климатический тренд потепления. Так, в пределах БЗТ она выражается комплексом изменений характеристик ММП как деградационного, так и аградационного характера. Деградационная тенденция проявляется в повышении температур ММП, понижении кровли мерзлых пород с образованием несливающейся мерзлоты, затухании морозобойного растрескивания и активизации термокарста. Аградационная тенденция выражается в активном новообразовании ММП, активизации пучения, консервации маломощной (до 5 м) мерзлоты.

3. Для БЗТ установлена взаимосвязь между природной и геокриологической зональностью: зоне тундры соответствует подзона сплошного распространения ММП, подзоне северной лесотундры – подзона прерывистого распространения ММП, подзоне южной лесотундры – подзона массивно-островного распространения ММП, подзоне крайнесеверной тайги (северная часть) – подзона островного распространения ММП.

4. Создана система региональных ландшафтных индикаторов в ранге урочищ, позволяющая уточнить границы геокриологических подзон.

5. Составлена геокриологическая карта БЗТ масштаба 1:1 000 000, созданная с использованием метода мерзлотно-ландшафтной индикации.

6. Автором предложена концепция оптимизации природопользования в условиях криолитозоны, обосновывающая возможность обеспечения устойчивого природопользования в северных регионах России путем последовательной реализации следующих методических и научно-практических приемов и мероприятий: разработки количественных (площадных) критериев для оценки экологического состояния достаточно крупных территорий и определение условий его сохранения; выделения ландшафтов с ограничениями к хозяйственному освоению и создания соответствующих карт ограничений к природопользованию на базе крупно- среднemasштабных мерзлотно-ландшафтных карт; разработки и последующего внедрении методов и приемов по совершенствованию нормативно- правового режима природопользования в криолитозоне.

7. Предложено определять зональные критерии экологического состояния криолитозоны по соотношению площадей экстенсивно и интенсивно используемых территорий.

8. Суммарный допустимый лимит площадного воздействия на природные комплексы криолитозоны БЗТ, обеспечивающий их удовлетворительное экологическое состояние, определен автором следующим образом: для южной криолитозоны – 10% территории, для северной криолитозоны – 5%.

9. Разработана система ограничений к природопользованию, адаптированная к конкретным мерзлотно-ландшафтным условиям БЗТ. Она основана на исключении из сферы интенсивного использования участков с максимальной степенью инженерно-геологического риска (в том числе геокриологического), а также наиболее эколого-значимых природных комплексов и оленьих пастбищ. Вместе с тем, предложенная система может считаться универсальной для всей криолитозоны.

10. В качестве информационной основы для совершенствования нормативно- правового режима природопользования в криолитозоне предлагается использовать комплексные среднemasштабные мерзлотно-ландшафтные исследования.

11. Предложены принципы и механизмы реализации законодательно- административного обеспечения сбалансированного развития Северных территорий, в том числе криолитозоны БЗТ, внедрение которых в практику позволяет учитывать как экономические, так и социально-экологические принципы управления природопользованием.

Научная новизна результатов исследования

1. Разработана концепция мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей, основные принципы которой реализованы на примере криолитозоны БЗТ.

2. Впервые установлена разнонаправленная реакция ММП на климатический тренд потепления, которая в регионе выражается комплексом изменений характеристик ММП как деградационного, так и аградационного характера. Наряду с очевидными признаками деградации (заглубление кровли мерзлоты, повышение ее среднегодовой температуры, затухание морозобойного растрескивания, активизация термокарста) наблюдаются противоположные тенденции – новообразование ММП на значительных площадях, активизация пучения, сохранение ранее образовавшейся маломощной (до 5 м) мерзлоты.

3. Для БЗТ установлено соответствие геокриологических подзон природным зонам и подзонам, обусловленное количественным соотношением суммарной площади участков с ММП к общей площади ландшафтов для каждой природной зоны/подзоны.

4. Впервые для криолитозоны БЗТ разработана система региональных ландшафтных индикаторов в ранге урочищ, позволяющая уточнить границы геокриологических подзон.

5. Впервые для БЗТ составлена геокриологическая карта М 1:1 000 000, основанная на использовании принципов разработанной автором концепции мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей.

6. Предложена концепция оптимизации природопользования в условиях криолитозоны, в рамках которой разработаны критерии для выделения ландшафтов с ограничениями к хозяйственному освоению.

7. Впервые проведена диагностика экологического состояния криолитозоны региона, определены зональные критерии экологического состояния, базирующиеся на соотношении между экстенсивно и интенсивно используемыми территориями, дана оценка перспектив сохранения современного экологического состояния.

8. Для криолитозоны разработана универсальная в методическом отношении система ограничений к природопользованию и предложены приемы картографирования этих ограничений, базирующиеся на использовании крупно-среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт.

9. Разработаны принципы и механизмы реализации законодательно-административного обеспечения сбалансированного развития Северных территорий, в том числе криолитозоны БЗТ, учитывающие как экономические, так и социально-экологические категории управления природопользованием.

Степень достоверности результатов, послуживших основанием для разработки концепция мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей, подтверждена материалами разновременных полевых наблюдений. Материалы, обобщенные автором с использованием предложенных в работе методических приемов, нашли отражение в отчете Проекта развития ООН (ПРООН/ГЭФ 00059042) по созданию на ландшафтной основе (с применением системы мерзлотно-ландшафтных индикаторов) геокриологической карты БЗТ М 1:1 000 000.

Целесообразность использования мерзлотно-ландшафтной дифференциации зонального пространства криолитозоны для экодиагностики подтверждена посредством сравнения полученных результатов с оценками современного экологического состояния криолитозоны, полученными другими методами. Предложенная для криолитозоны система ограничений к природопользованию и принципы их картографирования использованы в научно-исследовательских работах по оценке фоновое состояние окружающей среды лицензионных участков недр и внедрены в практику работы нефтегазовой компании ООО «Санэро Филд» в качестве обязательной составляющей экологической документации на прединвестиционном (предпроектном) этапе разработки месторождений в криолитозоне.

Практическая ценность диссертационной работы

1. Использование предложенного принципа создания крупно- и среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт, позволяет с большой степенью точности выявлять особенности мерзлотной дифференциации конкретной территории.

2. Предложенная система региональных ландшафтных индикаторов в ранге урочищ облегчает использование информации геокриологического характера специалистами в области биологических, экологических, технических, экономических и т.д. наук. В частности, учет геокриологической зональности в сочетании с информацией о ландшафтной структуре территории позволяет обосновать необходимость расширения числа особо охраняемых природных территорий и организации сети мониторинговых наблюдений, в том числе геокриологических.

3. Геокриологическая карта Большеземельской тундры М 1:1000000 позволяет оптимизировать природопользование в регионе. Она дополняет информационную базу для работы в таких смежных научных направлениях, как биология, экология, экономика и др.

4. Предложенный подход к определению суммарного допустимого лимита площадного воздействия на природные комплексы криолитозоны позволяет оценить ее современное экологическое состояние и определить условия его сохранения.

5. Разработанная для криолитозоны БЗТ система ограничений к природопользованию учитывает как экономические, так и эколого-социальные аспекты освоения территории. Предложенные приемы их картографирования на базе крупно- среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт обеспечивают возможность внедрения этой системы в практику недропользования, что позволяет обеспечить бесконфликтность различных видов природопользования при одновременном сохранении экологических, социальных и экономических функций территории и устойчивое развитие региона в целом.

6. Предлагаемые методы и приемы по совершенствованию нормативно-правового режима природопользования в криолитозоне, базирующиеся на

комплексных мерзлотно-ландшафтных исследованиях, позволяют законодательно закрепить обязательный статус проведения и учета мерзлотно-ландшафтных исследований при территориальном планировании и считать их игнорирование существенным нарушением лицензионных требований недропользования.

Основные результаты исследований отражены более чем в 70 публикациях, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК («Криосфера Земли», «Проблемы региональной экологии», Известиях КНЦ УрО РАН, др.) – 15 публикаций, в монографии (в соавторстве) и в учебном пособии (гриф УМО по классическому университетскому образованию). Основные положения диссертации соответствуют содержанию опубликованных работ.

Апробация работы. Результаты исследований доложены на Всесоюзных, Всероссийских, международных и региональных конференциях, в том числе: Освоение Севера и проблема рекультивации – Сыктывкар, 2007, 2011, 2014; Инженерно-географические проблемы современности – С-Петербург, 1995; I, IV, V конференции геокриологов России – Москва, 1996, 2011; 2016; XIII геологический съезд Республики Коми – Сыктывкар, 1999; Актуальные проблемы геологии горючих ископаемых осадочных бассейнов Европейского Севера России – Сыктывкар, 2000; Ежегодные конференции геокриологов в Пушино, 2000, 2002, 2005, 2007, 2011, 2015; Проблемы инженерно-геологического обеспечения строительства объектов нефтегазового комплекса в криолитозоне – Москва, 2006; Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения – Тюмень, 2006; XI Международная ландшафтная конференция «Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика» – Москва, 2006; Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения – Тюмень, 2008; Северные территории России: проблемы и перспективы развития – Архангельск, 2008; География и геоэкология на современном этапе взаимодействия природы и общества – Санкт-Петербург, 2009; Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире – Салехард, 2012; Современные проблемы притундровых лесов – Архангельск, 2012; Рациональное природопользование: традиции и инновации – Москва, 2012; Геокриологическое картографирование: проблемы и перспективы – Москва, 2013; Экологическое состояние Печорского региона – «ЭкоПечора 2014» – Н. Мар, 2014; Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы – Тюмень, 2015; Природопользование в Арктике: современное состояние и перспективы развития – Якутск, 2015; Управленческие аспекты развития северных территорий России – Сыктывкар, 2015.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы (276 наименований, из них изданных позднее 2001 г. – 160), 20 таблиц, 65 рисунков, 2 приложений. Объём печатного текста 11 п.л., объём работы 318 страниц. Алгоритм исследования представлен на схеме (рис. 1).

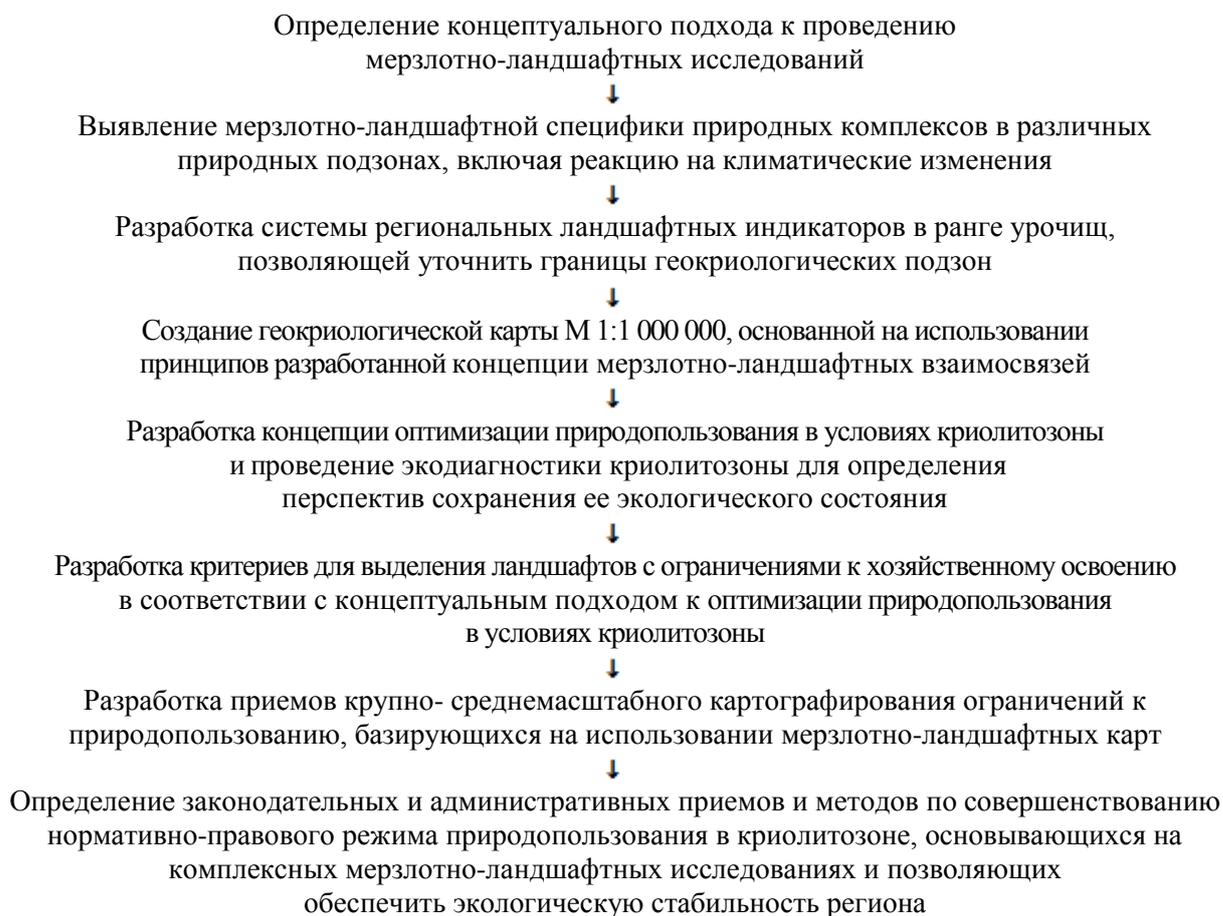


Рисунок 1 – Алгоритм проведения исследований

Благодарности. Автор выражает благодарность всем коллегам, с которыми в разное время работал по тематике, связанной с диссертационной работой. Особую благодарность за научные консультации выражаю Н. А. Шполянской и В. Н. Конищеву. Неоценимую помощь в постановке и проведении научных исследований оказали Н. В. Тумель и Т. Ю. Зенгина. Значительная часть научных результатов получена совместно с И. Б. Арчевой, Т. В. Тихоновой, Н. Н. Долговой, Н. Ф. Ивановым, Е. И. Пижанковой, В. В. Осадчим, Н. С. Кириковой, Н. Н. Парадой, Е. С. Хохловой, С. В. Дегтевой, Е. М. Лаптевой, Н. Ю. Мачулиной, Ф. В. Долговым, А. В. Ситниковым.

За многолетнюю поддержку и ценные консультации выражаю признательность Н. Г. Оберману, А. В. Павлову, Г. В. Ананьевой (Малковой), Н. Ф. Иванову, Л. И. Зотовой, Ф. А. Романенко, Н. В. Арутюнян, Г. В. Николаевой. Становлением в профессии автор обязан коллективу кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ.

Автор благодарен Ухтинскому государственному техническому университету, Институту управления, информации и бизнеса, оказывающим организационную и финансовую поддержку проводимым работам, а также институту ПечорНИПИнефть, где были выполнены пионерные исследования.

СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1 ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ КРИОЛИТОЗОНЫ

Ландшафтное изучение криолитозоны является необходимой составной частью комплексных региональных инженерно-геокриологических исследований. Теоретические основы ландшафтного метода отражены в работах В. Ф. Тумеля, И. Я. Баранова, А. П. Тыртикова и др. В них обосновывалась необходимость комплексного изучения природы криолитозоны, указывалось на их тесную связь с характеристиками ММП и, соответственно, возможность и необходимость использовать эту взаимосвязь при геокриологическом картографировании.

Мерзлотно-ландшафтное направление изучения криолитозоны получило развитие в работах кафедр геокриологии геологического и криолитологии и гляциологии географического факультетов МГУ, Института мерзлотоведения в г. Якутск, ВСЕГЕНГЕО, ряда региональных и ведомственных научных организаций (А. В. Баранов, Г. Ф. Гравис, Л. И. Вейсман, Д. С. Дроздов, Л. И. Зотова, Т. В. Иванова, А. Г. Ишков, В. А. Кудрявцев, Г. В. Малкова (Ананьева), Е. С. Мельников, Н. Г. Москаленко, Г. Г. Осадчая, Ф. М. Ривкин, Н. В. Тумель, А. И. Попов, А. А. Попова, Н. Г. Украинцева, А. Н. Федоров, др.) В качестве типологической ландшафтной основы принимались различные системы взглядов, главным образом Н. А. Солнцева, Ф. Н. Милькова, А. Г. Исаченко. Как правило, ландшафтные карты и легенды к ним строились по зонально-генетическому признаку.

В диссертации используется типологическая классификация ландшафтов, разработанная Ф. Н. Мильковым. В настоящей работе для изучения ландшафтов криолитозоны БЗТ рассматриваются следующие ландшафтные ранги: природная зона, ландшафт, урочище. Класс ландшафтов не рассматривается, т.к. вся БЗТ расположена в пределах равнины. Так же не выделяется тип местности, т.к. для достижения поставленной в работе цели достаточно рассмотрение ландшафтного звена «ландшафт-урочище». Поскольку ландшафты состоят из набора урочищ и характеризуются определенной морфологической структурой, в работе морфологическая структура рассматривается прежде всего как соотношение площадей различных групп/видов урочищ в пределах ландшафта определенной природной зоны/подзоны.

Общая система ландшафтной дифференциации БЗТ

Природные зоны/подзоны БЗТ представлены тундрой, преимущественно южной кустарниковой, в меньшей степени – типичной, южной и северной лесотундрой и северной частью крайнесеверной тайги. Они закономерно сменяют одна другую с севера на юг, располагаясь субширотно. Для удобства представления материала природным зонам/подзонам в работе присвоен цифровой индекс.

В целом зона *тундры* (I) занимает чуть более 40% описываемого региона. Она представлена подзонами типичной (I-а) и южной кустарниковой тундр (I-б). На севере сравнительно узкой полосой развит аazonальный приморский ландшафт (I-в).

Зона *лесотундры* условно делится на *северную* (II) и *южную* (III) подзоны. По площади они соизмеримы: от общей площади БЗТ – порядка 15% составляет северная лесотундра и 17% – южная.

Южный участок БЗТ, приуроченный к подзоне *крайнесеверной тайги* в её северной части (IV), занимает порядка 26% всей территории.

Содержание понятия ландшафта в работе отличается от традиционного определения ландшафта. По сути, используются типологические ландшафты, при выделении которых за основу принимается геолого-геоморфологический принцип. Выделяются разновозрастные участки с определенным генезисом слагающих их отложений, которые в регионе в большинстве случаев представлены во всех природных зонах/подзонах. В зависимости от зональной приуроченности они характеризуются своеобразием морфологического строения. В работе геолого-геоморфологические типы ландшафтов изучаются в пределах каждой природной зоны/подзоны.

Автором принята интерпретация геолого-геоморфологических особенностей территории с точки зрения бассейнового осадконакопления. Основой для выделения типов ландшафтов послужили работы В. С. Зархидзе, Н. Ф. Иванова и др. При выделении типов *ландшафтов* криолитозоны использовалась Государственная геологическая карта РФ М 1:200 000. Возраст генетических поверхностей назначался в соответствии с Постановлением Межведомственного Стратиграфического Комитета от 2012 г. «О понижении уровня границы неогеновой и четвертичной систем». Для удобства каждому геолого-генетическому уровню рельефа (типу ландшафта) присвоен условный индекс. Ландшафты следующим образом соотносятся с абсолютными отметками поверхности: более 220-м – А (am N₂³), 180-220 м – Б (m E₁), 160-180 м – В (m E₂), 115(120)-160 м – Г (m(gm) I₁₋₂), 90(100)-115(120) м – Д (m I₃₋₄), 70-90(100) м – Е (Ia I₅₋₆), 55(60)-70 м – Ж (Ia II), 22(30)-55(60) м – К (am III), 6(12)-22(30) м – Л (m, am III-IV), ≤ 6 м – М (m H). Также выделяются ландшафты речных террас – З (aI-III) и пойм – И (aH).

В работе за основу ландшафтной дифференциации уровня «урочище» принят кадастр репрезентативных урочищ БЗТ, предложенный в начале 90-х годов Н. Н. Долговой и доработанный автором, который включает порядка 30 основных видов урочищ. Для удобства систематизации урочища зонального ряда сгруппированы в 4 основные группы по типу растительности: лесные (1), болотные (2), торфяников (3), тундровые (4). Интразональные урочища сгруппированы в луговые (5) и поемные (6). В каждой из групп выбраны репрезентативные, фоновые для определенных природных условий урочища, им для удобства присвоен условный индекс.

Лесные урочища характеризуются преимущественным (зона лесотундры) либо повсеместным развитием талых грунтов. В лесотундре (как в северной, так и в южной) в лесах и редколесьях ММП встречаются крайне редко (не более 5 % площади) и, как правило, приурочены к переходным зонам от одного ландшафта к другому. Встречается мерзлота как сливающегося, так и несливающегося типов, существование которой не соответствует современным климатическим условиям, однако при отсутствии антропогенной нагрузки, она стабильна. На ландшафтах с абсолютными отметками ниже 160 м нами неоднократно фиксировались факты увеличения площадей лесных массивов за счет зарастания талых участков с тундровым типом растительности.

Болотные урочища (группа включает болота выровненные, преимущественно с гомогенной растительностью). В целом для урочищ болот характерна своеобразная температурная инверсия. В таежной зоне в целом, в том числе в подзоне крайнесеверной тайги (островное распространение ММП) участки болот являются наиболее «холодными» среди всех урочищ на талых грунтах, что, как общеизвестно, связано с высокой степенью транспирации влаги с их поверхности и теплофизическими свойствами торфа. К северу роль транспирации снижается и увеличивается отепляющая роль воды. Уже в подзоне южной лесотундры на участках без ММП наиболее «холодные» температуры грунта формируются на участках с тундровым типом растительности (+0,0...0,8 °С), а в болотах они примерно такие же, как в лесу (1,0...1,5 °С), что подтверждается результатами короткопериодных режимных наблюдений (Осадчая, 1989).

На фоне общего климатического тренда потепления в зоне лесотундры и, особенно, в подзоне крайнесеверной тайги идет ландшафтная трансформация с переходом некоторых видов болотных урочищ в урочища выпуклых торфяников (Осадчая, Осадчий, 2006). Это явление может иметь несколько причин. Первая – уменьшение степени обводненности болот природного происхождения и учащение случаев благоприятного сочетания погодных условий (ранние морозы до установления устойчивого снежного покрова со следующим за ними летом с небольшим количеством осадков и температурами, близкими к среднегодовым или ниже). Следствием этого является формирование перелетков, переходящих со временем в разряд ММП. Вторая – современный более интенсивный «прирост» торфяного горизонта из-за более теплой температурной обстановки и т. п. Факт появления и роста торфяных бугров в последнее время стал отмечаться также и в других «южных» районах западного сектора криолитозоны России: на Кольском полуострове (Романенко, Гаранкина, 2012), в Западной Сибири (Васильчук и др., 2008; Пономарева и др., 2012), а также в Скандинавии – новообразования ММП в пределах выпуклобугристых торфяников (Иванова и др., 2011).

Торфяники (по классификации, принятой у биологов-болотоведов – болота с выраженным бугристым/полигональным мезорельефом, с комплексной

растительностью). В целом урочища торфяников широко представлены во всех природных зонах/подзонах (только в подзоне крайнесеверной тайги развит один вид торфяников – выпуклобугристый), характеризуются либо повсеместным (зона тундры), либо преимущественным (лесотундра, крайнесеверная тайга) развитием ММП по площади. В лесотундре и крайнесеверной тайге для этой группы урочищ фиксируются наиболее низкие температуры ММП, в основном на выпуклобугристых торфяниках (причины: теплофизические свойства торфа и минимальная мощность снежного покрова на вершинах бугров). В тундре температурный фон выравнивается (причины: выпуклые формы мезорельефа на торфяниках практически отсутствуют, мощность снежного покрова менее контрастна, чем на участках тундр, где благодаря преимущественному развитию блочных либо холмистых форм мезорельефа присутствуют участки с маломощным снежным покровом).

Если оценивать основные геоэкологические характеристики определенного вида торфяника, представленного в нескольких природных подзонах, то они меняются. Так, в плоскобугристых торфяниках (3а) с юга на север уменьшается площадь сквозных таликов до их полного исчезновения в зоне тундры; в том же направлении понижается температурный фон ММП: от $-0 \dots -2$ °С в южной лесотундре (-0 °С – в краевых частях бугров на контакте с несливающимися и сливающимися таликами) до $-2 \dots -4$ °С (в межблочьях – с -1 °С) в зоне тундры.

Установлены зональные различия в интенсивности и характере криогенных процессов, развивающихся в урочищах торфяников. Так, практически во всех зонах/подзонах активно развивается пучение с новообразованием ММП (увеличивается распространение ММП по площади). Особенно ярко выражен этот процесс в урочище 3г (выпуклобугристые торфяники), причем с севера на юг от подзоны северной лесотундры к подзоне крайнесеверной тайги интенсивность пучения растет. Причины те же, что и для болот. В подзоне северной лесотундры (локально) и, особенно, в зоне тундры пучение с новообразованием ММП характерно для хасыреев (3д) в заключительной стадии их развития.

Морозобойное растрескивание грунтов с формированием полигонально-жильных льдов (ПЖЛ) также имеет зональные различия. В подзоне северной лесотундры этот процесс локализован на небольших площадях в пределах плоскобугристых торфяников (вокруг озер, хасыреев, в прирвовочных участках рек и крупных ручьев), но идет очень активно: элементарные жилки начинаются сразу ниже подошвы СТС и «входят» в тело ледяной жилы. В зоне тундры территории с ПЖЛ формируют отдельное урочище – полигональный торфяник (3б). Полигональный мезорельеф четко выражен, но современный рост ледяных жил неочевиден: верхние части элементарных жилок за редким исключением значительно ниже подошвы СТС либо их нет вообще. Подобная «обратная» картина связана с показателями континентальности климата в различных частях криолитозоны БЗТ в целом. Они выше для подзоны северной лесотундры, так как севернее континентальность «смягчается» из-за влияния моря, а именно Капского

рукава Гольфстрима, доходящего практически до Печорской губы. Развитие современных термокарстовых процессов практически не выражено, более заметны термоэрозионные процессы.

Тундровые урочища. В целом тундровые урочища представлены во всех природных зонах/подзонах, доминируя в тундре и северной лесотундре. По морфологическим и мерзлотным характеристикам, реакции на климатический тренд, установлены принципиальные различия для южной лесотундры (III) и крайнесеверной тайги (IV) с одной стороны и тундры (I) и северной лесотундры (II) с другой.

Для тундровых урочищ подзон III и IV не характерно развитие четко выраженных форм мезорельефа. Подзона III для региона фактически является областью крайнеюжного распространения ММП в минеральных грунтах. Мерзлота плохо дешифрируется, ее мощность меняется от ультрамаломощной (от метра) до первых десятков метров, локально она несливающегося типа, температура не ниже $-0,5^{\circ}\text{C}$. Само существование ММП определяется главным образом сочетанием региональных факторов: характеристик напочвенных покровов (снежного и мохового), наличием маломощного торфяного горизонта (5-15 до 20 см), что объясняет стабильное состояние мерзлоты в период положительного температурного тренда.

В подзоне II для тундровых урочищ характерно многообразие форм мезорельефа: разных видов реликтового блочного (преобладают нечетко- и среднеблочный), холмистого, мелкополигонального. Именно мезорельеф формирует в значительной степени дифференциацию мерзлотных условий, определяя контрастность снегонакопления, увлажнения, растительности. Как результат широко развиты сквозные талики, ультрамаломощные ММП, участки высокотемпературных ММП ($-0...-0,5^{\circ}\text{C}$). При этом зональные факторы природной среды определяют увеличение сплошности и понижение общего фона температуры ММП ($-1,5^{\circ}\text{C}$). Влияние климатического тренда выражается в формировании несквозных таликов на выпуклых и возвышенных формах рельефа.

В подзоне I для тундровых урочищ ограниченное влияние региональных факторов сохраняется: широкое развитие преимущественно блочного мезорельефа определяет участки с несквозными таликами под межблочьями, высокий температурный фон ($-0...-0,5^{\circ}\text{C}$) на контакте блок-межблочье. Влияние зональных (климатических) факторов доминирует, вызывая относительное понижение фоновых температур до $-2...-4^{\circ}\text{C}$, появление участков несквозных таликов в привершинных частях блоков.

Луговые урочища являются интразональными. ММП в их пределах не зафиксированы.

Поемные урочища также являются интразональными (лайды и морские пляжи – азональными). Геоэкологические характеристики урочищ формируются

в условиях природных зон, которые пересекает водоток, и его величиной. В зоне тундры на плоских пляжах крупных рек при бурении были вскрыты высокотемпературные ММП сливающегося типа. Они не дешифрируются, выявлены случайно. Местами сформировались слоистые ММП. В лесотундре и южнее на поймах ММП вскрыты не были. Также ММП зафиксированы в нижнем течении реки Печоры на заторфованных участках и торфяниках (Малкова). На лайдах и морских пляжах ММП в значительной степени несливающегося типа.

В целом по региону обращает на себя внимание, что в одноименных ландшафтах и соответствующих им группах урочищ мерзлотные условия различны при переходе из одной ландшафтной подзоны в другую. Установлено, что в условиях современного положительного температурного тренда наблюдается разнонаправленная реакция ММП зональных ландшафтов:

- в зоне тундры повышаются фоновые температуры ММП, увеличивается мощность несквозных таликов, на привершинных частях минеральных блоков формируются новые, затухает интенсивность морозобойного растрескивания; одновременно появляются новые массивы сливающейся мерзлоты, приуроченные к днищам хасыреев;

- в подзоне северной лесотундры также повышаются фоновые температуры ММП, происходит формирование новых участков с несливающейся мерзлотой, зарастание лесом пространств с тундровой растительностью, где нет ММП; одновременно наблюдается слабое увеличение площади ММП за счет ее новообразования на днищах хасыреев и в пределах торфяников, а также трансформации некоторых видов болот в выпуклобугристые торфяники; на плоских торфяниках идет активное локальное морозобойное растрескивание, стабильны ультрамаломощные ММП, а также ММП в лесных урочищах;

- в подзоне южной лесотундры крайне незначительно и не повсеместно повышаются фоновые температуры ММП, идет зарастание лесом пространств с тундровой растительностью, где нет ММП; одновременно отмечена тенденция увеличения площади ММП за счет активного перехода некоторых видов болот в выпуклобугристые торфяники, новообразований ММП на талых участках среди выпуклобугристых торфяников; стабильны ультрамаломощные ММП, а также ММП в лесных урочищах;

- в подзоне крайнесеверной тайги фоновые температуры ММП достаточно стабильны, при этом отмечена тенденция увеличения площади ММП за счет активной трансформации некоторых видов болот в выпуклобугристые торфяники и новообразований ММП на талых участках среди выпуклобугристых торфяников.

Следует подчеркнуть инверсию «мерзлотности» болотных ландшафтов – с юга на север они становятся все более «теплыми» по сравнению с другими группами урочищ.

Взаимозависимость ландшафтной структуры и мерзлотных условий

Специальное (в том числе геокриологическое, геоэкологическое и т.п.) картографирование М 1:50 000 – 1:200 000 (до 1:500 000), базирующееся на использовании ландшафтного метода, требует выявления морфологических характеристик ландшафтов, приуроченных к различным природным зонам/подзонам, и выявления связи «морфологическая структура ландшафта – геокриологическая подзона». Исследования именно в этих масштабах позволяют перейти от уже установленных ранее локальных особенностей к обобщениям зонального уровня. «Провал» переходного «крупно-среднемасштабного» звена изучения территории не позволяет доказательно проводить геокриологическое зонирование и говорить об очевидности использования ландшафтных индикаторов зональности.

Что касается дальнейшего использования специальных карт в природопользовании, то только карты переходных масштабов (назовем их крупно-среднемасштабные, т.е. М 1:50 000 – 1:200 000 до 1:500 000) обеспечивают одновременно и обзорность, и информативность, позволяющие применять их при территориальном планировании. В частности, карты так называемых «рабочих» масштабов (1:25 000 и крупнее), а также обзорные, не могут служить основанием для работ в области обеспечения сбалансированного сочетания экономических, экологических и социальных интересов различных групп населения (традиционное оленеводство, добыча и транспортировка полезных ископаемых, рекреационная деятельность, дорожное строительство и т.п.), у которых понимание целей и способов использования территории могут быть диаметрально противоположными.

Организация геокриологических научных исследований в криолитозоне также, несомненно, требует соответствующей крупно-среднемасштабной картографической базы. Например, при постановке температурных (либо комплексных) стационарных исследований в зависимости от зональной локализации стационаров можно установить взаимосвязи между параметрами криолитозоны и климатом, экологической ситуацией, региональными факторами природной обстановки и др. Если же не принимать во внимание ландшафтный фактор, то результаты научных исследований могут быть неверно интерпретированы.

Таким образом, переход от масштабов 1:25 000 и крупнее к крупно-среднемасштабному картографированию криолитозоны является объективной необходимостью и его разработка имеет как научное, так и прикладное обоснование.

В связи с этим нами или разработана *концепция мерзотно-ландшафтных взаимосвязей*, основывающаяся на территориальной взаимообусловленности категорий «урочище – морфология ландшафта – ландшафтная индикация – геокриологическая зональность». В соответствии с этой концепцией, стратегия действий при выявлении геокриологических особенностей региона предполагает реализацию следующих последовательных действий: определение *количественных*

показателей морфологии ландшафтов; установление региональной взаимосвязи между природной и геокриологической зональностью; установлении региональных ландшафтов-индикаторов геокриологической зональности; проведение (уточнение) границ геокриологических зон/подзон. Картографической основой выступают карты крупных и средних масштабов (1:50 000 – 1:200 000, до 1:500 000). Концепция является универсальной для применения в любом регионе криолитозоны. В работе она реализована на примере БЗТ.

Количественные показатели морфологии ландшафтов

Для определения количественных показателей морфологической структуры ландшафтов использованы преимущественно собственные полевые фактические материалы, полученные на ключевых участках, для которых в разное время составлялись крупномасштабные (М 1:25 000, реже 1:50 000) мерзлотно-инженерно-геологические и ландшафтные карты (рис. 2). Всего для обеспечения исследований данными ландшафтно-индикационного характера была проанализирована информация по 27 участкам площадью от 100 до 1000 км², расположенным в урочищах разных ландшафтов и природных зон.

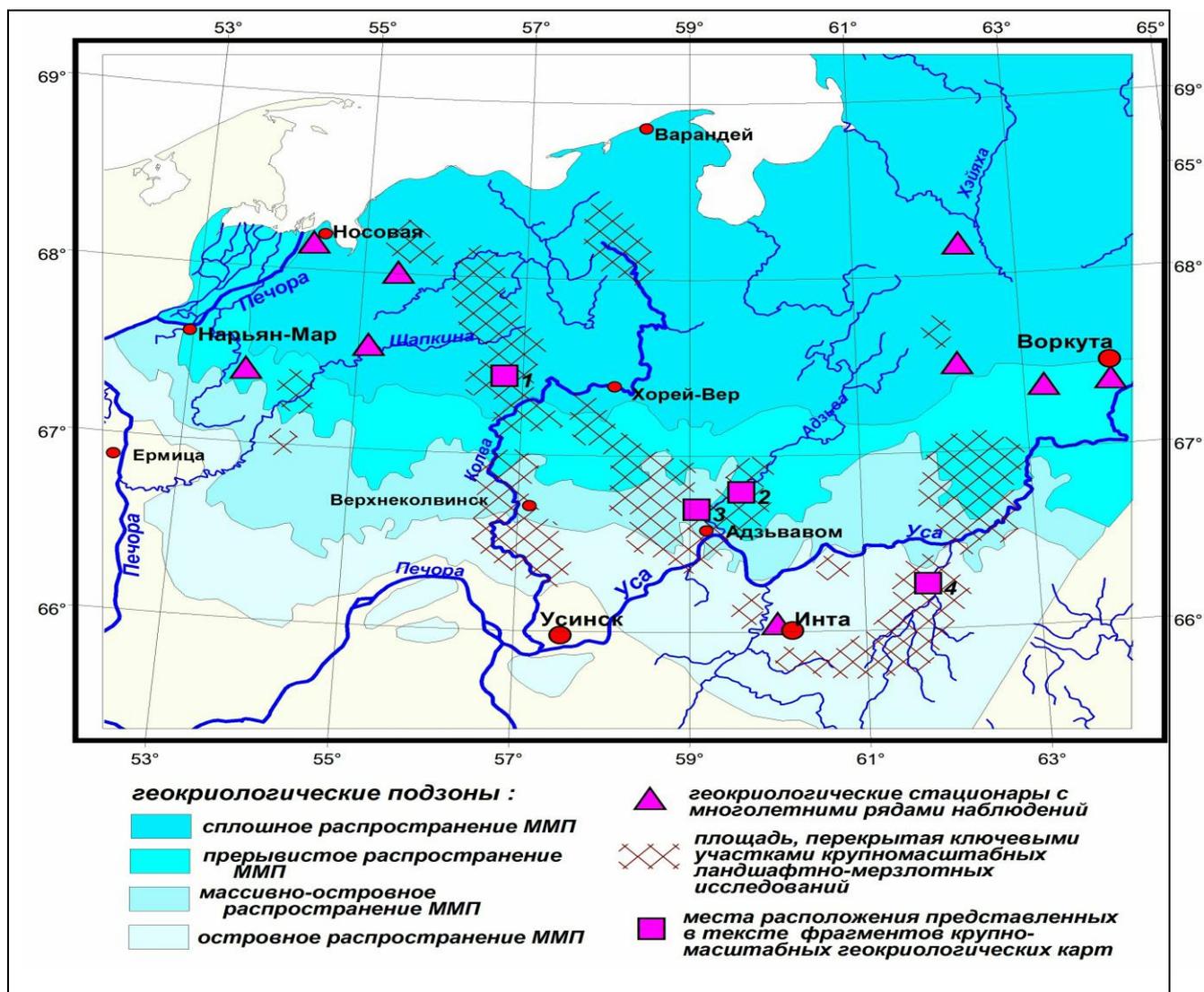


Рисунок 2 – Карта-схема фактического материала

Алгоритм исследования выглядит следующим образом:

- ключевые участки разбиваются на группы в соответствии с их принадлежностью к конкретной природной зоне/подзоне, далее изучение количественных характеристик морфологической структуры ландшафтов проводится отдельно для каждой зоны/подзоны;

- в каждом ключевом участке выделяются ландшафты и для каждого из них рассчитывается морфологическая структура;

- по каждому ландшафту суммируется информация по его морфологической структуре: в % определяется средневзвешенное значение распространения того или иного урочища (или их укрупненных групп) с учетом «веса» площади ландшафтов ключевых участков в общей (суммарной) площади ландшафта;

- используя информацию о степени распространения ММП в различных урочищах, для каждого ландшафта, рассчитывается, какой процент его площади занимают ММП.

Морфологическая структура азональных и интразональных ландшафтов не рассматривалась из-за недостаточности собственных материалов и их ограниченной доступности.

Полученные значения относительной встречаемости групп урочищ в пределах различных ландшафтов представлены в табл. 1.

В случае если ландшафт представлен менее чем на 3-х ключевых участках, в таблице сделана соответствующая пометка (серый фон). В скобках указан процент площади, занятой ММП (для зоны тундры – несквозными таликами). Он рассчитывался с привлечением дополнительной информации по распространению конкретных видов торфяников и тундровых урочищ с учетом особенностей сочетания в их пределах участков ММП, сквозных и несквозных таликов.

В морфологической структуре ландшафтов четко прослеживаются как зональные, так и региональные особенности ее формирования. Так, практически во *всех* природных подзонах встречаются *все* типы ландшафтов, кроме самых высоких междуречий (выше 220 м), и все группы урочищ, кроме лесных, которые отсутствуют в тундре. Тундра имеет наиболее однородную морфологическую структуру. Урочища лесов и тундр, естественно, зональны. Вместе с тем с юга на север от подзоны крайнесеверной тайги к зоне тундры наблюдается зональное замещение классических болотных урочищ торфяниками.

Зональность наиболее четко наблюдается в пределах ландшафтов с высокими абсолютными отметками (160 м и выше: ландшафты А, Б, В) – сокращение площади лесов и увеличение тундр. На этом фоне мало влияние региональных факторов (увлажнение, почвы). Особенно это отражается на распространении болот и торфяников: для них на этих высотах нет какого-либо тренда ни в одной природной зоне/подзоне.

Таблица 1 – Морфологическая структура ландшафтов Большеземельской тундры (в скобках – распространение ММП относительно площади ландшафта или группы урочищ, для тундры – распространение несквозных таликов, %)

Условный индекс ландшафта (распространение ММП)	Распространение групп урочищ			
	Лесные (1)	Болотные (2)	Горфяников (3)	Тундровые (4)
Крайнесеверная тайга (IV)				
А (0)	100 (0)	0	0	0
Б (1)	88 (0)	11 (1)	0	1 (0)
В (1,5)	87 (0)	10 (1)	1 (0,5)	2 (0)
Г (4)	82 (0)	14 (3)	2 (1)	2 (0)
Д (8)	60 (0)	30 (4)	8 (4)	3 (0)
Е (10)	50 (0)	35 (5)	10 (5)	5 (0)
Ж (8)	54 (0)	35 (5)	6 (3)	5 (0)
Южная лесотундра (III)				
А (50)	0	0	0	100 (50)
Б (11)	83 (0)	1 (0)	0	16 (11)
В (20)	66 (0)	7 ($\leq 0,5$)	$\leq 0,5(\leq 0,1)$	27 (20)
Г (24,5)	45 (2)	16 (0,5)	3 (2)	36 (20)
Д (22)	43 (2)	20 (0,5)	27 (19)	10 (0,5)
Е (21,4)	40 (1)	32 (1)	26 (19)	2 (0,4)
Ж (11,6)	48 (3)	39 (1,5)	12 (10)	1 (0,1)
Северная лесотундра(II)				
А (75)	0	0	$\leq 0,5 (\leq 0,2)$	$\geq 99,5 (75)$
Б (65)	2 (0)	1 (0)	6 (5)	87 (60)
В (65)	2 (0)	2 (0)	6 (5)	88 (60)
Г (60,5)	3 (0)	10 (0)	8 (5,5)	78 (55)
Д (48)	8 (0,2)	16 (0)	41 (36)	33 (12)
Е (60)	4 (0)	20 (0)	60 (51,5)	16 (8,5)
Ж (7)	72 (4)	24 (0)	4 (3)	-
Тундра (I)				
Б	0	1	8	91 (14)
В	0	2	30	64 (9)
Г	0	0	31	63 (9)
Д	0	0	22	71 (8)
Е	0	0	6	74 (8)
Ж	0	2	21	55 (3)

Ярусность рельефа (абсолютные отметки ландшафтов) влияет на распространение лесных и тундровых урочищ. С уменьшением абсолютных высот ландшафтов от максимальных (выше 220 м) до 90 м и менее, сокращается площадь лесных или тундровых урочищ. Это своеобразная «высотная поясность». Исключение – северная лесотундра, где леса (ММП

распространены незначительно – 7 %) приурочены к долинам рек и составляют 72% площади ландшафта Ж (абс. отм. 55-70 м).

Региональная взаимосвязь между природной и геокриологической зональностью

При выявлении связи «природная подзона – геокриологическая подзона» в основу положены классические представления о геокриологических зонах и подзонах. Вся криолитозона подразделяется на северную, где преобладают ММП, и южную, где доминируют участки без ММП. В северной криолитозоне выделяются подзоны сплошного и прерывистого распространения ММП. В первом случае сквозные талики занимают не более 10 % площади подзоны, во втором – 10-50 %. В южной криолитозоне выделяются подзоны массивно-островного и островного распространения ММП, для которых развитие современной мерзлоты фиксируется соответственно на 10-50 и менее чем на 10% площади подзоны.

Мощность современных ММП не учитывается, то есть участки с ультамаломощной мерзлотой (менее 3-5 м) можно считать мерзлыми. Также площади, где кровля мерзлоты заглублена, относим к многолетнемерзлым. Учет этих позиций крайне важен при проведении зонирования, так как в настоящее время широко используются методы космического дешифрирования, которые на подобных участках не всегда «срабатывают», указывая на отсутствие ММП. Также тальми участками в ряде случаев «смотрятся» и несквозные талики, что приводит к неточностям при оценке мерзлотной ситуации.

Площадь распространения мерзлоты включена в анализ морфологической структуры ландшафтов (табл. 1). В трех южных природных подзонах – это процент площади распространения ММП, в тундре со сплошной мерзлотой – процент распространения таликов. В тайге острова мерзлоты наблюдаются на болотах и в торфяниках. В лесотундре площадь, занимаемая ММП, увеличивается при переходе от болот к торфяникам и тундровым урочищам.

Соотношение суммарной площади участков с ММП к общей площади ландшафтов различных природных зон/подзон позволяет доказательно утверждать: геокриологические подзоны в регионе следующим образом соответствуют природным: зона тундры – подзоне сплошного распространения ММП, подзона северной лесотундры – подзоне прерывистого распространения ММП, подзона южной лесотундры – подзоне массивно-островного распространения ММП, подзона крайнесеверной тайги (северная часть) – подзоне островного распространения ММП. Так, распространение ММП относительно площади ландшафта в зональном плане меняется следующим образом: крайнесеверная тайга – ≤ 10 %, южная лесотундра – 11-50 %, северная лесотундра – 48-75 % (исключение – локализованный вдоль долин крупных рек залесенный ландшафт Ж), в тундре рассматривается распространение только несквозных таликов.

Таким образом, использование концепции мерзотно-ландшафтных взаимосвязей позволило установить: а) разнонаправленную реакцию ММП на

климатический тренд потепления, которая выражается комплексом признаков изменений параметров ММП как деградиционного, так и аградационного характера; б) количественные показатели морфологии ландшафтов; в) региональную специфику взаимосвязи между природной и геокриологической зональностью. Дальнейшие шаги реализации *концепции мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей* заключаются в *установлении региональных ландшафтов-индикаторов* геокриологической зональности и проведении *уточненных границ геокриологических зон*.

2 ЛАНДШАФТНАЯ ИНДИКАЦИЯ МЕРЗЛОТНЫХ УСЛОВИЙ – ОСНОВА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

Состояние проблемы ландшафтной индикации в криолитозоне

Широко известны обзорные карты геокриологического районирования криолитозоны, представленные в монографиях «Парагенезис подземных вод и многолетнемерзлых пород» и «Геокриология СССР» (Суходольский, 1982; Геокриология..., 1988), на которых показаны различные градации сплошности ММП (на первой – это 30, 70, 90, 95, на второй – 1, 3, 20, 50, 80, 95, 97, 99% ММП). Существующие к настоящему времени мелкомасштабные геокриологические карты (Геокриологическая..., 1997; Oberman, Mazhitova, 2003) в прямую не отражают мерзлотную зональность: на них показаны участки с различным распространением ММП, по сути, не объединенные в зоны и подзоны. На «Карте инженерно-геокриологического районирования севера Тимано-Печорской НГП» масштаба 1:1 000 000 (Попова, 2012), построенной для верхнего горизонта криолитозоны, выделены пороги распространения ММП 1, 3, 20, 50, 80 %. На всех перечисленных картах практически отсутствует соответствие «природная – геокриологическая подзоны».

Схематические карты М 1:1 000 000 и 1:200 000 (Маслов и др, 2005; Осадчая, 1989), на которых геокриологическая зональность четко соответствует природной, составлены для отдельных частей криолитозоны региона. Имеющаяся геокриологическая карта М 1:500000, выполненная в 80-е годы институтом ПечорНИПИнефть, является внутренней (ведомственной) информацией.

Таким образом, существующие геокриологические карты обзорных масштабов плохо сопоставимы, в лучшем случае совпадают геокриологические характеристики отдельных достаточно крупных участков. Как правило, соответствие геокриологических характеристик природным (зональным) ландшафтам на них не отражено.

Значительные разночтения в проведении границ геокриологических зон БЗТ требуют их уточнения. При этом в соответствии с *концепцией мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей* в качестве основных показателей зональной принадлежности предлагается использовать ландшафтную структуру крупно-среднемасштабного уровня в совокупности с *региональными урочищами-индикаторами* геокриологической зональности.

Региональные особенности ландшафтной индикации геокриологических зон и подзон

Для индикации геокриологических зон и подзон использовалась морфология геолого-геоморфологических типов ландшафтов в каждой природной подзоне (табл.1). Для каждого из них рассчитана площадь распространения ММП, что определяет, к какой геокриологической подзоне относится тот или иной ландшафт, а также выявлены конкретные урочища или их группы, появление или исчезновение которых указывает на смену геокриологической подзоны. Общая система зональной приуроченности урочищ представлена в табл. 2. Как правило, некоторые категории урочищ могут встречаться в нескольких подзонах, поэтому для индикации геокриологических зон и подзон следует рассматривать сочетания урочищ.

Таблица 2 – Зональная приуроченность репрезентативных урочищ

Мерзлотная приуроченность		Индекс урочища													
		Леса			Болота			Торфяники				Тундры			
		1а, б, г	1в	1д	2а, б, д	2в	2г	3а	3б, в	3г	3д	4а	4б, в, г, д, ж, и	4е	4з
Криолитозона	I														
	II														
	III														
	IV														
Вне криолитозоны															

Примечание: серый цвет маркирует присутствие данного урочища в соответствующей геокриологической подзоне или вне криолитозоны

Ландшафтная индикация южной границы криолитозоны. Южная граница ММП проводится достаточно условно. Для западного сектора равнинной криолитозоны Евразии она определяется по устойчивым многолетнемерзлым образованиям, развитых в торфяных грунтах (Городков, 1928). В качестве индикатора, таким образом, можно считать ПТК крайнесеверной тайги, развивающиеся на **торфяных грунтах**, в пределах которых однозначно существуют ММП.

К южной границе криолитозоны приурочены два вида урочищ, где может существовать мерзлота – грядово-мочажинные болота 2в и выпуклобугристые торфяники 3г. В пределах 3г ММП широко развиты, причем на значительной площади (30-70% урочища). Это урочище легко дешифрируется и, как правило, «бугристость» хорошо отражается на топографических картах не только

крупного, но и среднего масштабов. Именно урочище 3г первоначально (30-е годы XX века) являлось индикатором при проведении южной границы мерзлоты.

Что касается урочищ 2в, они также легко дешифрируются и определяются по топографической основе. Несмотря на то, что развитие устойчивой мерзлоты в их пределах может достигать 30%, зафиксированы, многочисленны случаи, когда на «грядках» мерзлоты нет вовсе. Поэтому это урочище в качестве индикатора южной границы криолитозоны региона использовать нецелесообразно.

Отдельно следует сказать о стабильности южной границы криолитозоны. Полевые исследования указывают на то, что последние десятилетия наблюдается активное формирование урочищ 3г близ обозначенной на имеющихся геокриологических картах южной границы ММП и даже несколько южнее ее (на месте топяных болот формируются выпуклобугристые торфяники). Это является свидетельством нестабильности современной южной границы криолитозоны и тенденции ее продвижения к югу.

Ландшафтная индикация границы между южной и северной криолитозонной. Основное принципиальное отличие между северной и южной криолитозонной – преобладание в первой участков с ММП. В целом в регионе крупные массивы преимущественно талых грунтов приурочены к лесам и болотам. **Лесной** тип растительности является доминирующим в южной лесотундре, массивы болот занимают заметно меньшие площади. Поэтому провести границу между северной и южной криолитозонной достаточно несложно, даже с использованием только топографических карт. В этом случае граница проводится по линии сплошных лесных массивов.

На участках широкого распространения органогенных отложений и, соответственно, **урочищ болот и торфяников**, это сделать сложнее. Рекомендуется использовать комплекс различных индикаций. Так, в подзоне II появляются хасыреи и участки полигональности на плоскобугристых торфяниках 3а, мало выражено новообразование ММП на выпуклобугристых торфяниках 3г. В подзоне III наоборот – для 3г характерно активное многолетнее пучение. Использование только комплекса индикационных признаков позволит обоснованно провести границу на подобных участках.

Разграничить геокриологические зоны на участках развития **тундр** можно с учетом криогенного рельефа: блочность, которая легко дешифрируется, характерна для северной криолитозоны и не встречается в южной.

Внутри геокриологических зон при помощи ландшафтов-индикаторов возможно выделить подзоны.

Ландшафтная индикация границы между подзонами островного (IV) и массивно-островного (III) распространения ММП. Основное принципиальное отличие подзон в том, что в подзоне III ММП развиваются не только в торфах,

но и в минеральных грунтах (в основном на участках тундр). Индикаторами могут служить разные по типу растительности группы урочищ.

Лесные урочища широко развиты в южной криолитозоне. Однако в подзоне III практически не встречаются сосновые леса 1д, а в подзоне IV – еловые редколесья 1в. Дистанционными методами легко определяется 1д, а 1в определяется не всегда. Из **болотных** урочищ относительным индикатором могут служить грядово-мочажинные комплексы, которые практически не встречается (за редким исключением) в подзоне III. Урочища **торфяников** также можно легко использовать в качестве индикаторов. Это, прежде всего, касается урочища 3а, которое в подзоне IV отсутствует. **Тундровые** урочища (4а) встречаются в обеих подзонах, только на юге они представлены незначительными по площади фрагментами, обычно приуроченными к придолинным участкам.

Ландшафтная индикация границы между подзонами прерывистого (II) и сплошного (I) распространения ММП. Между этими подзонами провести границу сложнее всего. Особенно это касается участков развития минеральных грунтов. С одной стороны, участки **лесов** и редколесий указывают на принадлежность к подзоне II, но с другой стороны они очень разрознены и для индикации могут использоваться ограниченно. Урочища **тундр** и визуально, и по их дешифровочным признакам в этих подзонах мало отличаются. Исключением являются полигональные и холмистые тундры (соответственно 4е и 4и), имеющие ограниченное региональное развитие (на песках) в подзоне II. Индикатором является урочище 4а, которое в тундре (подзона I) не встречается. Урочища **болот** также не могут быть однозначно использованы для индикации: в тундре их нет, а при дешифрировании они могут быть ошибочно определены как термокарстовые понижения (различия фиксируются только по «тепловым» снимкам при наличии ММП сливающегося типа). Наиболее очевидными индикаторами служат урочища **торфяников**. Только в подзоне I выделяются полигональные и полигонально-валиковые торфяники (3б и 3в), а урочища 3г отсутствуют. Именно поэтому на участках развития органогенных грунтов граница между подзонами наиболее очевидна.

В целом универсальной группой индикаторов является группа урочищ торфяников. Группу урочищ болот сложно использовать для индикации. Группу тундровых урочищ можно использовать в качестве индикаторов при разделении северной и южной криолитозоны (по характеру мезорельефа), а также (достаточно условно) при разграничении островной и массивно-островной мерзлоты (по степени распространения тундровых участков) и прерывистой и сплошной мерзлоты (по распространению полого-волнистых тундр с единичными деревьями). Лесные урочища являются индикаторами границы северной и южной криолитозоны, а также границы прерывистой и сплошной мерзлоты.

Наиболее значимым показателем при использовании урочищ-индикаторов при геокриологическом зонировании является криогенный рельеф. В южной

криолитозоне это, прежде всего, обширные площади пучения (в основном бугры) в стадии роста; в северной криолитозоне – древний рельеф (блочный).

Использование ландшафтов-индикаторов позволяет конкретизировать современные границы между геокриологическими подзонами. На рис. 1 представлена обзорная схема геокриологического зонирования региона.

Дополнительным показателем принадлежности территории к той или иной геокриологической подзоне являются криогенные процессы. Самым надежным маркером границы между прерывистой и сплошной мерзлотой является интенсивное и широкое развитие таких криогенных процессов, как морозобойное растрескивание, сопровождающиеся образованием ПЖЛ на больших площадях, и локальная термоэрозия, подчеркивающая полигональность (Зб). Причиной этой сложной ландшафтно-мерзлотной ситуации на севере криолитозоны являются климатические условия. Климат сглаживает ландшафтные контрасты, но определяет большую интенсивность мерзлотных процессов, прежде всего морозобойного растрескивания.

Четкую картину смены геокриологической зональности можно наблюдать в пределах водораздельных депрессий, сложенных преимущественно органомными грунтами и относящихся к одному ландшафту. На границе островная – массивно-островная мерзлота на смену зон указывает появление плоскобугристых торфяников, на границе прерывистая – сплошная мерзлота – резкое исчезновение выпуклобугристых торфяников и появление полигональных.

Заключительный этап реализации *концепции мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей* заключается в *уточненных границах геокриологических зон*.

Мерзлотно-ландшафтные исследования как основа составления обзорной геокриологической карты М 1:1 000 000

Средне- и крупномасштабные геокриологические карты прочно вошли в практику специального мерзлотно-инженерно-геологического картографирования. Как правило, они разрабатываются по результатам мерзлотно-инженерно-геологических съемок соответствующего масштаба, используются на ранних стадиях проектирования, позволяют достаточно глубоко вскрыть общие мерзлотные закономерности определенной территории. Целесообразно их построение на ландшафтной основе, используя выявленные индикационные свойства урочищ по отношению к ММП и их основным характеристикам. На рис. 3 представлен фрагмент такой карты для участка, расположенного в подзоне II (его локализация показана на рис. 1).

При разработке карт использовался единый подход, базирующийся на ландшафтно-индикационных свойствах ММП. В качестве основы служат ландшафты и слагающие их урочища. На выделенных контурах урочищ проставляется их индекс, а также условный индекс ландшафта, на котором они локализуются («расшифровка» индексов дана в отдельной таблице в легенде к карте). Главным информационным источником при «заполнении» ландшафтных

контуров мерзлотной информацией является ландшафтно-индикационная (ландшафтно-мерзлотная) таблица, которая приводится в легенде к карте. На ее основе даются количественные параметры геокриологических характеристик.

Базовыми геокриологическими характеристиками считаются температура и распространение ММП. В легенде к карте приводится таблица, где каждое сочетание «температура-распространение» обозначается индивидуально. Традиционно для этого используются цвет и штриховка – средства отображения, дающие максимальную визуализацию. Картографирование в крупном и среднем масштабах позволяет учесть при использовании изобразительных средств такие частные характеристики, как соотношение сквозных и несквозных таликов, их мощность, наличие несливающихся ММП и т. п.

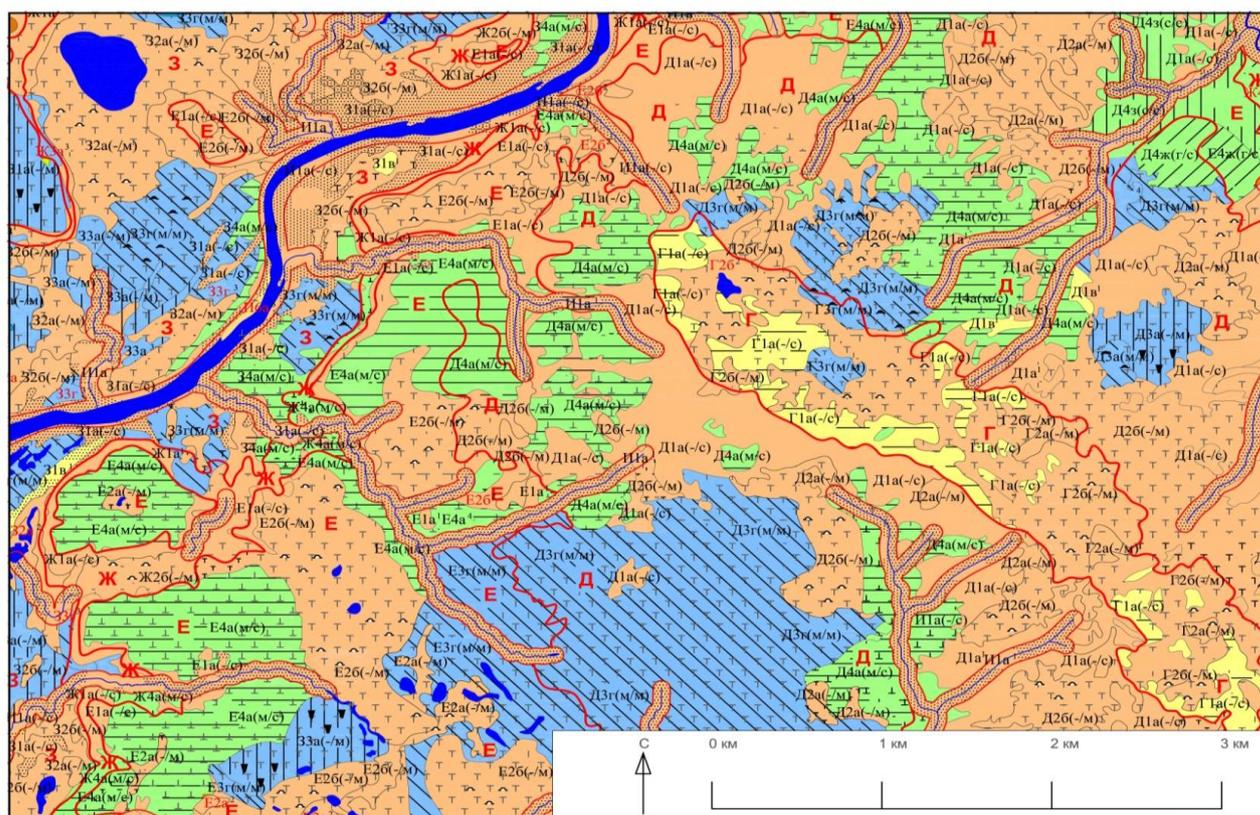


Рисунок 3 – Подзона прерывистого распространения ММП.

Северолесотундровый ландшафт. Фрагмент геокриологической карты (в оригинале М 1:50 000) – участок 2 на рис. 1

В легенде в ландшафтно-мерзлотной таблице помимо распространения и температуры ММП указывается тип криолитогенеза первого от поверхности мерзлого горизонта, что позволяет оценить суммарную льдистость слагающих его грунтов, а также служит указанием его литологического состава. На карте эта информация отображается штриховкой другого типа (или её отсутствием). Сведения о глубинах слоя сезонного протаивания-промерзания (СТС-СМС) показываются дробью после индекса урочища: в числителе приводится индекс типа протаивания по глубине, в знаменателе – типа промерзания по глубине. Расшифровка индексов дается в легенде к карте.

Внемасштабными знаками на карту наносятся места активного современного развития криогенных процессов, набор которых индивидуален для каждой геокриологической подзоны.

Апробация метода ландшафтной индикации при геокриологическом картографировании региона в сравнительно крупном масштабе позволяет перейти к обзорным картографическим работам. Для БЗТ впервые составлена геокриологическая карта М 1:1 000 000, базирующаяся на индикационных свойствах природных комплексов (актуализированный вариант представлен на рис. 4а, б; совместная работа с Е. И. Пижанковой).

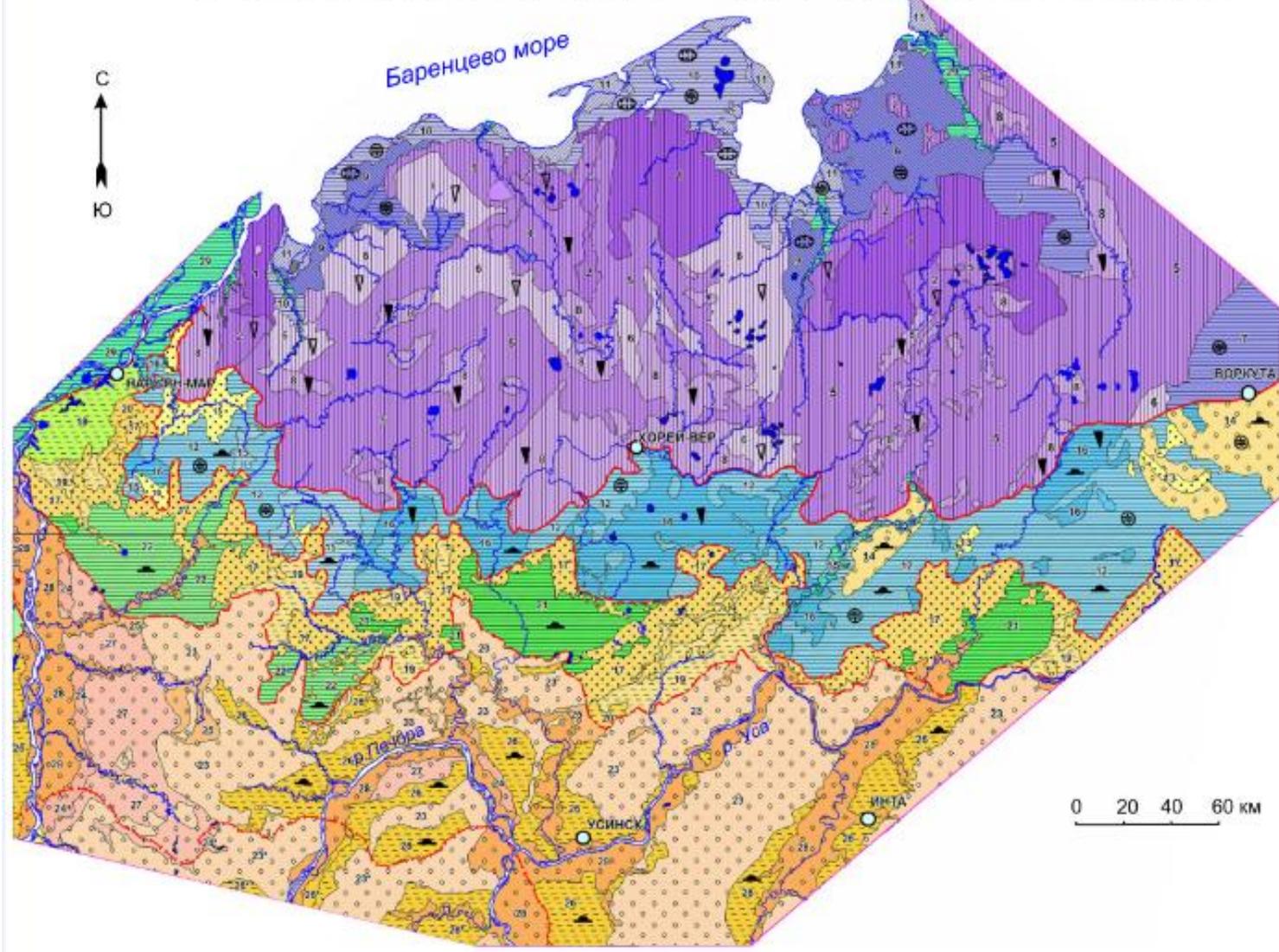
Картографической индикационной основой послужила карта растительности М 1:1 000 000, адаптированная к задаче использования ландшафтного метода для построения геокриологической карты. На ней отражены сочетания различных групп растительности для условий типичной, южной кустарниковой тундры, северной и южной лесотундры, северной части крайнесеверной тайги. При характеристике сочетаний растительности отмечены индикаторные (для проведения геокриологического зонирования) растительные сообщества. Это позволяет обоснованно провести современные границы геокриологических подзон.

Для «наполнения» выделенных контуров мерзлотным содержанием использована составленная для данного региона ландшафтно-мерзлотная таблица (на основе параметров криолитозоны, приведенных в гл.1), являющаяся по сути индикационной. Она включена в легенду к карте и содержит дополнительные мерзлотные характеристики, не нашедшие картографического отражения (рис. 4б).

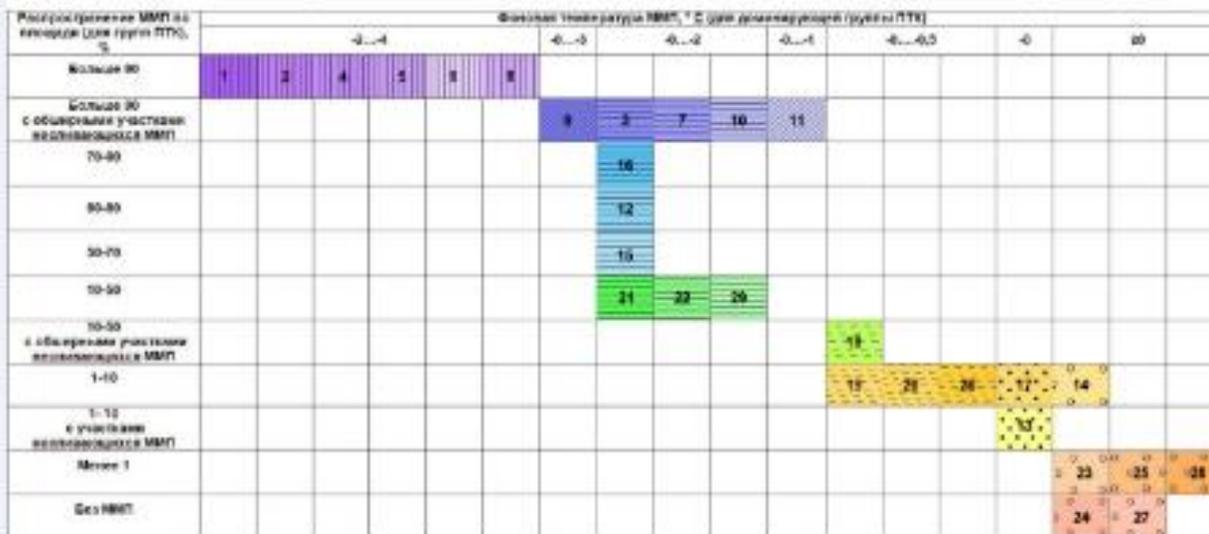
Весь массив информации представлен на карте исходя из зональной принадлежности ландшафтных контуров. Основным изобразительным средством – цветом – на карте показано *распространение ММП* по площади в целом для группы ПТК (суммарное значение, %). Каждый цвет представлен несколькими оттенками, которые означают, с одной стороны – принадлежность к определенной укрупненной группе ПТК, с другой – более дробную градацию распространения ММП. Дополнительно к цвету внемасштабным знаком отмечаются контура, где преобладают ММП несливающегося типа.

Вторым по значимости изобразительным средством – штриховкой – показана температура ММП. На карте отражены фоновые температуры для доминирующего вида ПТК. В ландшафтно-мерзлотной таблице для доминирующей ПТК в пределах укрупненной группы показан преобладающий *состав* верхнего от поверхности горизонта ММП и *тип криолитогеоза* (при наличии ММП), современные *криогенные процессы*, приуроченность укрупненной группы ПТК к геолого-генетическому *типу ландшафта*. Легенда к геокриологической карте дополнена таблицей, в которой для каждой группы ПТК указываются *типы СТС-СМС по глубине* (по максимальным значениям глубин в урочищах-доминантах).

Геокриологическая карта Большеземельской тундры



Распространение и фоновые температуры ММП (по доминирующей группе урочищ)



Типы сезонного промерзания и оттаивания (по максимальным значениям глубин в урочищах-доминантах)

Тип сезонного промерзания и его глубина, м	Тип сезонного промерзания (СМС) и его глубина, м		
	Глубокий ≥ 1,5	Средней 0,7-1,5	Мелкий ≤ 0,7
	Мелкий ≤ 0,7	4, 8	16, 19
Средней 0,7-1,5	1	3, 7, 10, 12, 14, 20	5, 17
Глубокий ≥ 1,5	2, 6	13	0

Цифры в ячейках - группы ПТК

Мерзлотные процессы

- Пучение с новообразованием ММП
- Морозобойное растрескивание с формированием полигонально-жильных льдов
- Морозобойное растрескивание с формированием грунтовых жил
- Термокарст

Границы геокриологических подзон

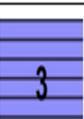
- Южная граница сплошного распространения ММП
- Южная граница прерывистого распространения ММП
- Южная граница массивно-островного распространения ММП
- Южная граница распространения современных ММП

Прочие знаки

- Обширные участки с несливающимися ММП

Рисунок 4 а – Геокриологическая карта Большеземельской тундры (в оригинале М 1:1 000 000) с фрагментом легенды

Ландшафтно-мерзлотная характеристика природно-территориальных комплексов (ПТК)

Обозначение на карте	Зональный тип распространения ММП природная подзона	Группы ПТК (по преобладанию типа растительности)	Температура ММП (°С) для доминирующей группы ПТК (интервал фоновая)	Распространение ММП по площади, % (суммарное значение для группы ПТК)	Преобладающий тип криолитогеоза верхнего горизонта ММП и его состав**			Условный индекс ландшафта (геолого-геоморф. приуроченность)*	Современные мерзлотные процессы
					Эпигенетический		Сингенетический		
					Суглинки	Пески			
	Ia Сплошное распространение ММП Типичная тундра	Тундры блочные кустарничково-мохово-лишайниковые с торфяниками полигональными и плоскобугристыми	$-0,5 \div -4$ $-2 \div -4$	≥ 95	+			Б, В, Г, Д, Е, Ж	
		Тундры мелкополигональные кустарничково-амприково-лишайниковые с тундрами блочными кустарничково-мохово-лишайниковыми и торфяниками полигональными	$-1,0 \div -4$ $-2 \div -4$		+		Г, Д, Е, Ж	Морозобойное растрескивание с формированием грунтовых жип	
		Ивняки древовидные с тундрами блочными кустарничково-мохово-лишайниковыми и торфяниками плоскобугристыми	$-0 \div -2$ $-0 \div -2$	≥ 95 с обширными участками несвязавшихся ММП	+		Е, Ж	Локальное пучение с новообразованием ММП	
		Торфяники полигональные и плоскобугристые с тундрами блочными кустарничково-мохово-лишайниковыми	$-2,0 \div -4$ $-2 \div -4$	≥ 95		+	Е, Ж	Морозобойное растрескивание с формированием ПЖЛ	

* Краткая характеристика ландшафта приведена на стр.12 автореферата

** Для талых пород указан состав

Рисунок 4 б – Геокриологическая карта Большеземельской тундры (в оригинале М 1:1 000 000). Фрагмент ландшафтно-мерзлотной таблицы

Анализ геокриологической карты БЗТ позволил выявить ряд закономерностей зонального и регионального характера. В целом геокриологическая зональность для БЗТ проявляется в *распространении мерзлых пород по площади* с достаточной очевидностью, условно соответствуя природной ландшафтной зональности. Площади, которые занимают ММП на юге и на севере криолитозоны традиционны: на севере (зона тундры) - практически сплошное распространение, осложненное несквозными таликами, на юге (северная часть крайнесеверной тайги) – отдельные острова ММП, приуроченные к выпуклобугристым торфяникам.

Наиболее сложное сочетание участков ММП и талых пород характерно для двух промежуточных геокриологических подзон, приуроченных к лесотундре, особенно для подзоны III (южная лесотундра). Как в подзоне II, так и в подзоне III наблюдается своеобразное «внедрение» более «южных» вариантов ММП в общую геокриологическую структуру подзон. Так, в подзоне III выделяются укрупненные контура, объединяющие группы ПТК с зональным распространением ММП 10-50 %

(при доминировании ПТК торфяников), а также с распространением ММП до 10 % площади (при доминировании ПТК тундр и лесов и субдоминирующих болотах).

В подзоне II на фоне преобладания укрупненных контуров с зональными характеристиками распространения ММП 50-90 % (доминируют либо ПТК блочных тундр, либо ПТК торфяников; участки практически без ММП приурочены к лесам/редколесьям и болотам), выделяются контура, характеризующиеся развитием ММП на 10-50 % их площади (доминируют урочища, развивающиеся на песках: ивняки древовидные или тундры холмистые; основные массивы ММП приурочены к урочищам-субдоминантам; торфяникам и нечеткоблочным тундрам). В целом по подзоне II существование сквозных таликов связано с лесными урочищами, урочищами на песках (состав грунтов), болотами (отепляющее влияние воды), участками с высоким снежным покровом (межблочные и межбугровые понижения).

Геокриологическая зональность в меньшей степени отражена в *температуре ММП*, чем в ее распространении. За счет широкого развития блочных и бугристых форм мезорельефа температуры, близкие к 0 °С, формируются во всех геокриологических подзонах, тогда как общий температурный фон с юга на север закономерно понижается до -4 °С (за исключением аazonального приморского ландшафта Iв, для которого характерно некоторое повышение температурного фона из-за обогревающего влияния Капского рукава Гольфстрима, уменьшающего ледовитость Баренцева моря на этом участке). ММП 4-х геокриологических подзон характеризуются температурным диапазоном всего в 4 °С, что указывает на отличия, которые существуют в реакции основных мерзлотных параметров на смену условий внешнего теплообмена: если температуры ММП достаточно быстро реагируют на глобальные температурные тренды (потепление), то распространение ММП в большей степени отражает историческое прошлое, являясь очень инерционным показателем.

Территориальные типы СТС-СМС (деятельного слоя), которые характеризуются определенным диапазоном глубины промерзания и протаивания, отражают взаимодействие природных факторов, под влиянием которых они формируются: микроклимата, рельефа, состава и льдистости (влажности) пород, почвенных покровов (снег, растительность), обводненности поверхности. *Мелкий* тип СТС-СМС (интервал глубин порядка 0,2-0,7 м) формируется в условиях, когда все или большая часть природных факторов способствует сокращению протаивания или промерзания. В ландшафтах с мощными моховым и снежным покровами, сложенных сильнольдистыми торфом или оторфованным суглинком, глубина протаивания и промерзания минимальна. *Средний* тип СТС-СМС (диапазон глубин порядка 0,7-1,5 м) характеризуется такими условиями теплообмена, когда его составляющие действуют разнонаправленно по отношению к мощности слоя. Чаще всего средний тип деятельного слоя встречается в пределах типичного, господствующего ландшафта, наиболее адекватно суммирующего комплекс природных условий. *Глубокий* тип СТС-СМС (диапазон глубин примерно от 1,5-2 м)

формируется в условиях, когда большинство компонентов ландшафта способствует увеличению глубины протаивания или промерзания. В регионе такие условия формируются в пределах вершин дренированных холмов и гряд с разреженной растительностью, сложенных песками. Такая типизация СТС-СМС, предложенная Н. В. Тумель, позволяет более продуктивно использовать информацию о деятельном слое в геоэкологических интересах. Она весьма наглядна и не зашифрована в узкоспециальных мерзлотных характеристиках.

Смена природной и геокриологической зональности практически не отражается на глубинах СТС-СМС – они не зональны, регулируются преимущественно региональными факторами природной обстановки, особенно в южной криолитозоне. С юга на север с уменьшением нивелирующей роли напочвенных покровов фон глубин СТС-СМС имеет слабовыраженную тенденцию к увеличению. Таким образом, сезонное протаивание и промерзание не коррелируются с ландшафтной зональностью, но четко связаны с урочищами, в первую очередь с составом пород, напочвенными покровами и мезорельефом.

Основными *мерзлотными процессами* в регионе являются пучение (с формированием новообразований ММП), морозобойное растрескивание (с формированием ПЖЛ и грунтовых жил), термокарст и термоабразия. Пучение характерно для участков развития органогенных грунтов и наиболее ярко проявляется в южной криолитозоне, в северной же развито локально. Морозобойное растрескивание характерно для северной криолитозоны. Современный термокарст (урочища на органогенных грунтах) не активен и в большей степени выражен в аazonальном ландшафте Ів. В настоящее время наиболее активным рельефоформирующим процессом можно считать пучение (объяснение приводится в гл.1), то есть процесс «зимнего» ряда, что на первый взгляд противоречит представлениям о преимущественном развитии при общем потеплении климата криогенных процессов «летнего» ряда: термокарста, солифлюкции и т.п. Криогенные процессы и криогенное строение отчасти соответствуют ландшафтной зональности, но в значительной степени зависят от региональных ландшафтных категорий.

В целом для БЗТ геокриологическая зональность в соответствии с ландшафтной проявляется в распространении мерзлых пород по площади и, в меньшей степени, в их температурном режиме. Наиболее сложное сочетание участков ММП и талых пород характерно для двух промежуточных геокриологических подзон, приуроченных к лесотундре, особенно для подзоны III (южная лесотундра). Как в подзоне II, так и в подзоне III наблюдается своеобразное «внедрение» более «южных» вариантов ММП в общую геокриологическую структуру подзон. Общий температурный фон с юга на север закономерно понижается от -0 до -4 °С (за исключением аazonального ландшафта Ів), при этом за счет широкого развития блочных и бугристых форм мезорельефа температуры,

близкие к 0 °С формируются во всех геокриологических подзонах. Сезонное протаивание и промерзание не коррелируются с ландшафтной зональностью. Формирование глубин СТС-СМС в южной криолитозоне определяется в основном региональными факторами, в северной – сочетанием региональных и зональных. Криогенные процессы и криогенное строение в значительной степени зависят от региональных ландшафтных категорий. Обращает на себя внимание, что при общем потеплении климата наиболее активным рельефоформирующим процессом является процесс «зимнего» ряда – пучение.

3 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ

При хозяйственном использовании пространства криолитозоны потребление природных благ не должно превышать естественных ограничений, обусловленных физическими параметрами природной среды. Подобный подход четко вписывается в концепцию устойчивого развития.

В региональном масштабе для Севера экологический индикатор устойчивого развития выражается, прежде всего, в способности территории выполнять свои биосферные функции. Принцип их сохранения положен в основу различных подходов для оценки экологического состояния природных комплексов (экодиагностики). Так, наиболее известен и широко используется подход, при котором оценка состояния природной среды описывается понятием «*экологическая ситуация*» и оценивается в соответствии с классификацией по возрастанию степени экологического неблагополучия в связи с утратой природных ресурсов и возможностью их восстановления (Кочуров, 1999; 2003). Количественные параметры этой оценки отражены в нормативных документах, но для условий криолитозоны практически не разработаны.

При исследованиях экологической ситуации в криолитозоне дополнительно оценивается изменение мерзлотных условий (Зотова, Тумель, 1996, 2014; др.). Развитие кризисных экологических ситуаций (КЭС) в криогенных ландшафтах проявляется, прежде всего, в активизации криогенных процессов и радикальных изменениях биотической составляющей природного комплекса. Подобный подход может рассматриваться как геоэкологический.

На сегодняшний день зональные критерии, позволяющие без дополнительного изучения определить экологическую ситуацию конкретных ландшафтов разного ранга очень нечеткие, что затрудняет принятие решений по оптимизации природопользования в криолитозоне.

Нами разработана *концепция природопользования в условиях криолитозоны*, обосновывающая возможность обеспечения устойчивого природопользования в северных регионах России путем последовательной реализации следующих методических и научно-практических приемов и

мероприятий: *разработки количественных (площадных) критериев для оценки экологического состояния* достаточно крупных территорий и определение условий его сохранения; *выделения ландшафтов с ограничениями к хозяйственному освоению* и создание соответствующих карт на базе крупно-среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт; *разработки и последующим внедрении методов и приемов по совершенствованию нормативно-правового режима природопользования* в криолитозоне.

Следование этой концепции в практике хозяйствования в криолитозоне позволит обеспечить бесконфликтность различных видов природопользования при одновременном сохранении экологических, социальных и экономических функций территории, то есть создаст условия для устойчивого развития региона.

Региональные количественные (площадные) критерии для оценки экологического состояния криолитозоны

Для исследований в пределах криолитозоны, проводимых в масштабах от 1:50 000 до 1:500 000, нами было предложено оценивать экологическую ситуацию по *оптимальному соотношению площади интенсивно эксплуатируемых и экстенсивно используемых территорий (в том числе особо охраняемых)*. Подобный подход основывается на теории биотической регуляции биосферы В. Г. Горшкова (1990), в соответствии с которой нарушение экологического состояния в биосфере, ведущее в дальнейшем к ее необратимой деградации и утрате биосферных функций, возникает при утрате определенной площади природных экосистем в результате хозяйственного освоения. При этом следует иметь в виду, что в работах Н. Ф. Реймерса (1994; др.) указывается, что показатель оптимального соотношения между интенсивно эксплуатируемыми и экстенсивно используемыми территориями существенно отличается для разных природных зон. Для лесотундры и тундры, а, следовательно, и для всей криолитозоны БЗТ, допускается нарушение природных комплексов не более чем на 10 % ее площади. Однако вполне очевидно, что эта величина не может быть одинакова для всей криолитозоны, принимая во внимание ее сложную зональную и региональную дифференциацию.

Для подтверждения этой мысли нами была проведена сравнительная оценка объема зеленой биомассы для ряда ключевых участков, расположенных в различных геокриологических подзонах. Для этого по материалам дистанционного зондирования определялся нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), то есть, по сути, оценивался объем зеленой биомассы. Ориентируясь на полученные результаты, условно можно считать, что в северной криолитозоне, где значение NDVI в два раза меньше, предельно-допустимая площадь интенсивно используемых земель должна составляет 5 %.

Таким образом, в качестве региональных (для БЗТ) базовых количественных показателей устойчивой (относительно удовлетворительной) экологической ситуации нами предлагается считать следующие критерии:

предельно-допустимая площадь антропогенно-нарушенных участков составляет 10% в подзонах IV и III и 5% в подзоне II и зоне I.

Диагностика современного экологического состояния криолитозоны Большеземельской тундры

Для диагностирования современного экологического состояния обширных территорий криолитозоны нами проводились преимущественно среднемасштабные исследования, с использованием методов, позволяющих в количественных показателях оценить соотношение интенсивно эксплуатируемых и экстенсивно используемых территорий.

Одним из наиболее очевидных количественных показателей, указывающих на степень экологического состояния и степень биосферной устойчивости ландшафтов (или «территории»), является показатель **эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ)**. ЭХБ – сбалансированное соотношение различных видов антропогенной деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества, воспроизводство природных ресурсов и не вызывает негативные экологические изменения и последствия (Кочуров, 1996; Кошкарев, Тикунов, 1993). Расчет ЭХБ традиционно проводится на уровне не ниже административных районов, так как в качестве информационной основы выступает статистическая отчетность по районным кадастрам объектов недвижимости. Таким образом, диагностирование экологического состояния территории производится в среднем масштабе, а его результаты легко сопоставить с допустимыми для природной (зональной) ситуации лимитами на площадные нарушения природных комплексов (ПК).

Расчет показателей ЭХБ был проведен нами для наиболее освоенных административных районов БЗТ, относящихся к Республике Коми: Воркутинскому, Интинскому, Усинскому, Усть-Цилемскому. Современные значения показателей ЭХБ для них получились в 2-3 раза ниже предельно-допустимых. Если детализировать их по геоэкологическим подзонам, то наименее благоприятные ситуации выявлена для подзоны прерывистого распространения ММП в Воркутинском районе, где экологическая ситуация уже не равновесна. Также зона экосистемной разбалансировки формируется в подзоне островного распространения ММП Усинского района и в крайнесеверной тайге вне криолитозоны в Усть-Цилемском.

Использование метода ЭХБ (несмотря на простоту применения) дает результаты, позволяющие главным образом оценить современное экологическое состояние территории, но он малопригоден для мерзлотно-ландшафтного анализа.

Также экодиагностика на зональном (для геоэкологических подзон) и административном (для Усинского района) уровнях проводилась с использованием метода **анализа состояния природно-экологического каркаса ПЭК** (Кочуров и др., 2010, 2012). ПЭК, по определению Б. И. Кочурова, рассматривается как

система взаимодействующих природного и экологического каркасов, включающих как ООПТ, составляющие его основу, так и земли щадящего природопользования. Таким образом, площадная оценка элементов ПЭК в пределах территории, приведенная к относительным единицам (%), фактически свидетельствует об экологическом состоянии этой территории.

В рамках представленной работы привлекались дистанционные методы как для экодиагностики всей криолитозоны БЗТ (мелкомасштабный уровень исследования), так и для отдельных ее частей – административных единиц (средний масштаб).

Выполненные оценки степени нарушенности земель криолитозоны БЗТ в пределах селитебных и прилегающих к ним территорий показали, что только за счет селитебных территорий и крупных линейных объектов в северной криолитозоне нарушено порядка 0,1%, а в южной – 0,6 % земель. На участках добычи углеводородного сырья выявлены существенные изменения земель как на эксплуатируемых, так и на законсервированных месторождениях. Таких месторождений в пределах криолитозоны БЗТ около 20. На них уже через 20-30 лет после начала освоения, при наличии развитой транспортной инфраструктуры, фиксируется существенное превышение биосферной емкости территории месторождений, связанное с ростом площади нарушенных земель. Современная нарушенность земель за счет месторождений углеводородного сырья не превышает 0,2 % территории. Однако возможность использования территории для оленеводства утрачивается даже при гораздо меньших по площади нарушениях.

В целом степень нарушенности ПК БЗТ в настоящее время крайне незначительное (менее 1%). В основном промышленное освоение сконцентрировано в южной криолитозоне. Современное экологическое состояние криолитозоны БЗТ, таким образом, относительно удовлетворительное как для территории в целом, так и для отдельных геоэкологических подзон. Однако, вполне очевидно, что если сохранить существующий подход к освоению территории, то вовлечение в хозяйственный оборот всех разведанных месторождений (их суммарная площадь от общей площади геоэкологических подзон составит от подзоны островного к подзоне сплошного распространения ММП соответственно 3,5, 3,7, 4,9 и 11,9 %) в совокупности с уже имеющейся транспортной инфраструктурой и селитебными объектами, приведет к недопустимой степени потери ПК, превышению естественных ограничений, обусловленных физическими параметрами криолитозоны и утрате ее экологических функций. В первую очередь это касается наиболее уязвимой северной части криолитозоны БЗТ. В ее южной части следует ожидать утраты социальных функций территории, связанных с ведением оленеводства, прежде всего на участках зимних и, особенно, прогонных пастбищ.

Для экодиагностики на административном уровне был выбран Усинский район – наиболее техногенно-нарушенная и интенсивно индустриально-

осваиваемая территория в пределах криолитозоны Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Параллельно с оценкой его экологического состояния методом ЭХБ, диагностирование проводилось с использованием дистанционных зондирования. Для Усинского района площадь ПЭК составляет более 90 % от его общей площади, что указывает на благополучную в целом (относительно удовлетворительную) экологическую ситуацию. Проводить подобную оценку для более мелких территориальных выделов нецелесообразно.

На начальном этапе исследований составлены две карты: карта ПТК Усинского района, которая использовалась как основа для создания карты ПЭК, и карта природопользования Усинского района. Обе карты создавались на основе М 1 : 1000000 с тематической нагрузкой, соответствующей масштабу 1 : 500000. Сопоставление этих карт позволило определить современное состояние территории (результаты в целом совпадают с оценками по методу расчета ЭХБ) и выявить угрозы различным элементам ПЭК. Проведенный анализ функциональной структуры выявленного ПЭК Усинского района, а также анализ особенностей отраслевой и территориальной структуры природопользования в районе позволил сделать вывод об относительно удовлетворительной экологической ситуации в его пределах.

Именно с помощью карт ПЭК на административном (районном) уровне становится возможным организовать геоэкоосоциосистемно ориентированное природопользование, практически исключающее конфликты между различными типами (видами) природопользования и учитывающее, к тому же, конкретные природные (в том числе мерзлотные) параметры территории и предельно-допустимые лимиты ее использования.

Диагностирование экологического состояния импактных участков криолитозоны проводится, как правило, в крупном масштабе. Необходимость в нем возникает либо для оценки экологической ситуации селитебных территорий, либо при проведении работ по экологическому мониторингу или инженерно-экологическим изысканиям под различные локальные производственные объекты. Как правило, анализируются две группы показателей: показатели устойчивости экосистем и антропогенные нагрузки.

Исследования, проведенные для городов, поселков городского типа – центров муниципальных образований, приуроченных к криолитозоне БЗТ показали, что экологическая ситуация напрямую зависит от хозяйственной специализации и практически везде является в разной степени неблагоприятной.

В результате изучения экологического состояния криолитозоны БЗТ установлено следующее:

1. Механизм реализации предложенной *концепции природопользования в условиях криолитозоны*, включает разработку количественных (площадных) критериев для оценки экологического состояния территории и определение условий

их сохранения; выделение и картографирование на базе крупно- среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт природных комплексов с ограничениями к хозяйственному освоению; внедрение методов и приемов по совершенствованию нормативно-правового режима природопользования в криолитозоне.

2. Оценка современного экологического состояния криолитозоны БЗТ и определение суммарного допустимого лимита площадного воздействия на природные комплексы в ее пределах (на среднемасштабном уровне обобщения информации) опирается на результаты изучения мерзлотно-ландшафтной дифференциации территории.

3. В качестве региональных (для БЗТ) базовых количественных критериев устойчивой (т.е. относительно удовлетворительной) экологической ситуации предлагается в качестве основного показателя использовать площадь антропогенно нарушенных участков. Для южной криолитозоны предельно допустимой площадью антропогенно нарушенных участков следует считать 10%, а для северной криолитозоны – 5 % от общей площади региона.

4. Современная экологическая ситуация для всех геокриологических подзон БЗТ в целом определяется как относительно удовлетворительная. В то же время в очагах проживания населения и активной производственной деятельности формируются критические и кризисные экологические ситуации.

6. Расширение области промышленной экспансии при современном отношении к природе неизбежно приведет к потере экологически значимых территорий, особенно в северной криолитозоне, а также, к дальнейшему подрыву кормовой и пространственной базы оленеводства. При сохранении существующего подхода к освоению территории криолитозоны вовлечение в хозяйственный оборот всех разведанных месторождений в дополнение к уже имеющейся транспортной инфраструктуре и селитебным объектам приведет к недопустимой утрате ПК и превышению естественных ограничений, обусловленных физическими параметрами криолитозоны, т.е. к утрате ее экологического статуса.

Таким образом, для оптимизации природопользования в условиях криолитозоны необходима разработка и внедрение на законодательном и административном уровнях системы ограничений к природопользованию, которые с одной стороны учитывали бы экологический и социальный аспекты природопользования, а с другой – гарантировали бы устойчивое экономическое развитие региона БЗТ.

4 МЕРЗЛОТНО-ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ

В природоохранном и природоресурсном законодательстве практически отсутствуют позиции, учитывающие специфику ограничений природопользования применительно к Северным регионам. Тем не менее, обозначены общие подходы к

охране природы и указываются механизмы, позволяющие учитывать научные разработки по этому направлению в практике территориального планирования и управления недропользованием.

В настоящее время имеются серьезные научные разработки, определяющие круг ограничений, учет которых необходим при освоении криолитозоны. Главным образом они носят *рекомендательный* (оценочный) характер за исключением тех, которые внедрены в практику строительного проектирования. В наибольшей степени экологическая составляющая при оценочном картографировании криолитозоны отражена в разработках сотрудников кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ, а также в Тюменском государственном университете (группа В. В. Козина). Итоговые карты управления природопользованием, разработанные в МГУ и ТГУ для оптимизации системы территориального планирования различного уровня с точки зрения устойчивого развития Севера, ориентированы, главным образом, на экономические индикаторы этого развития. Это не в полной мере отвечает заявленным для северных территорий приоритетам устойчивого развития: социальные + экологические → экономические приоритеты (Красовская, 2009). Очевидно, что освоение биосферно-значимых территорий криолитозоны, должно проводиться таким образом, чтобы собственно экономические задачи органично сочетались с социальными и экологическими, при этом последние должны рассматриваться в качестве приоритетных.

Автором была разработана система ограничений к природопользованию, опирающаяся на теоретические принципы геоэкосоциосистемного подхода к использованию территории. Она адаптирована к конкретным мерзлотно-ландшафтным условиям БЗТ, хотя может, по сути, считаться универсальной для всей области развития ММП. Все ограничения можно разделить на группы: **экологические (законодательные и геоэкологические), инженерно-геологические, природоресурсные** (Осадчая, 2009).

Экологические ограничения применяются для участков наиболее значимых для поддержания биосферного равновесия территории, а также для транзитных элементов ПЭК. Условно эти ограничения можно разделить на две подгруппы: *законодательные* и *геоэкологические*. *Законодательные* ограничения строго определены законодательством РФ и субъектов федерации. Это, прежде всего, территории с ограниченным режимом природопользования: охраняемые (водоохранные зоны, прибрежно-защитные полосы и т.п.) и особо охраняемые природные территории (соответственно ОПТ и ООПТ). К *геоэкологическим* ограничениям можно отнести ограничения по отношению к территориям, осуществляющим средообразующие функции, но чей биосферный статус законодательно не определен либо декларативен. При отнесении тех или иных ПК к категории геоэкологически-значимых учитывались либо их экосистемная значимость, либо отношение к транзитным элементам ПЭК. Это, прежде всего, притундровые леса (охранный статус декларативен: запрещены только

сплошные рубки, которые не ведутся и никогда не велись), урочища древовидных кустарников (своеобразный аналог лесов в северной криолитозоне), проточные водные объекты (болота, хасыреи).

Природоресурсные ограничения касаются пространств, где ведется традиционное природопользование. Это, прежде всего естественные кормовые угодья (ЕКУ), принадлежащие оленеводческим хозяйствам. Использование территории под пастбища зависит от сезона и ориентировано на природную зону (подзону), а его ценность с точки зрения оленеемкости – от множества факторов: состава доступных в определенный сезон кормов, характеристики мерзлотных экосистем и др. Соблюдение природоресурсных ограничений позволит обеспечить основу существования коренного населения, то есть эти ограничения нужны для сохранения социальной основы развития региона. Это тем более важно, потому что экономически доминирующий вид природопользования (добывающие отрасли) носит временный характер и его срок ограничен периодом, когда ведется добыча полезных ископаемых.

Инженерно-геологические ограничения относятся к участкам с высокой степенью риска возникновения аварийных ситуаций в случае строительства на них. Эти ограничения носят не абсолютный, а вероятностный характер. Это осоково-травяно-моховые, топяные и грядово-мочажинные болота, термокарстовые понижения (2г), полигонально-валиковые (заозеренные) и полигональные торфяники, хасыреи и выпуклобугристые торфяники в стадии роста, участки развития карста.

Упрощенная схема назначения ограничений к природопользованию с учетом вида/группы урочищ и его/их зональной приуроченности приводится в табл. 4. Ориентируясь на предложенную систему и опираясь на морфологическую структуру ландшафтов уже на прединвестиционном этапе освоения возможен выбор приоритетных площадей, не имеющих ограничений к природопользованию для размещения производственных и инфраструктурных объектов. Картографической основой для их выделения могут служить мерзлотно-ландшафтные карты М 1:50 000 – 1:200 000, в отдельных случаях – 1:500 000, на базе которых строятся карты ограничений к природопользованию (конкретный масштаб определяется уровнем задач).

Разработка карт ограничений к природопользованию была выполнена для разномасштабных уровней обобщения информации и включала несколько взаимосвязанных этапов: создание таблиц ограничений к природопользованию для ключевых участков; выявление зональных и региональных закономерностей территориальной структуры ограничений к природопользованию; определение приоритетных ландшафтов для промышленного освоения; создание разномасштабных карт ограничений к природопользованию, выбор условий их применения.

Таблица 4 – Ограничения к природопользованию в различных геоэкологических (природных) подзонах (законодательные ограничения не показаны)

Индекс геоэкологической / природной подзоны	Группы урочищ										
	Лесные	Болотные				Торфяников					Тундровые
		Группа кустарниково-кустарничково-моховых болот		Группа топяных, осоково-гравяно-моховых, грядово-мочажинных болот, обширные термокарстовые понижения		Выпуклобугристые	Плоскобугристые	Полигональные	Полигонально-вазиковые (озерковые)	Хасырен	Все виды
Проточные	Непроточные	Проточные	Непроточные								
IV	Г, ПР	Г	Б/о	Г ИГ	ИГ	ИГ					Б/о
III	Г, (ПР)*	Г	Б/о	Г ИГ	ИГ	ИГ	Б/о				Б/о, (ПР)*
II	Г, (ПР)*	Г	Б/о	Г ИГ	ИГ	Б/о	Б/о			ИГ Г	Б/о, (ПР)*
I				ИГ	ИГ		Б/о	ИГ	ИГ	ИГ Г	ПР

Ограничения к природопользованию:

Г – геоэкологические, ПР – природоресурсные, (ПР)* – природоресурсные или без ограничений в зависимости от конкретного использования участка в оленеводстве, ИГ – инженерно-геологические, Б/о – без ограничений

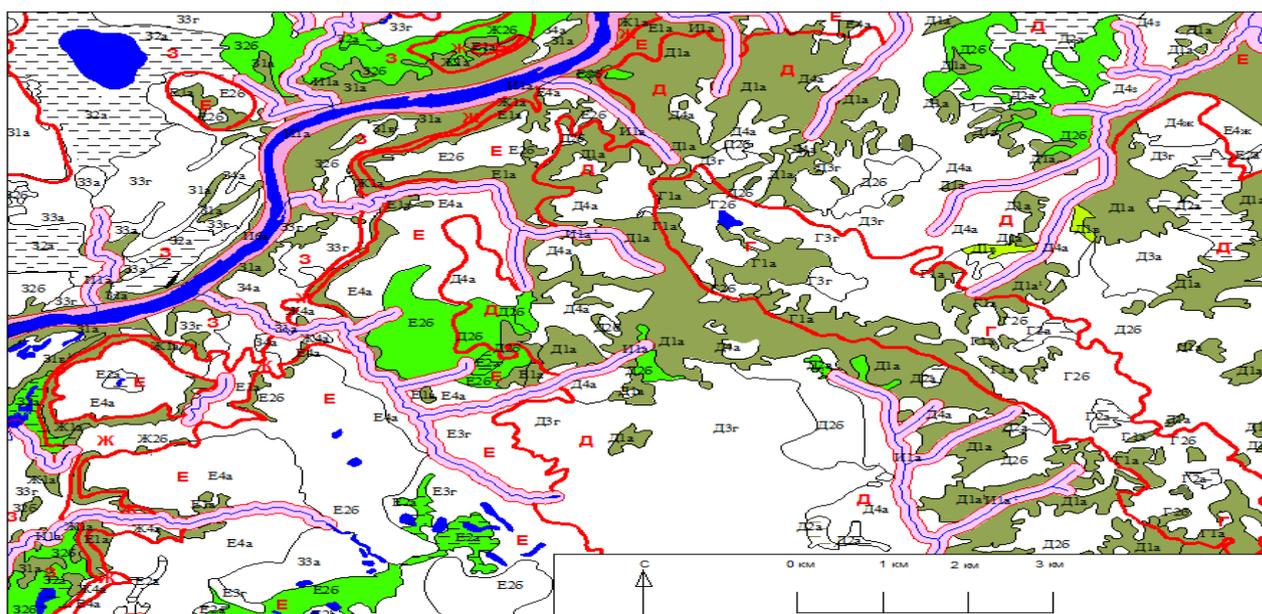
На карте выделяются участки с ограничениями экологического, инженерно-геологического, природоресурсного характера и участки без значимых ограничений к природопользованию. Ориентируясь на систему ограничений к природопользованию уже на прединвестиционном этапе освоения возможен выбор приоритетных площадей, не имеющих ограничений к природопользованию, для размещения производственных и инфраструктурных объектов.

Пример карты ограничений к природопользованию представлен на рис. 5; выбран участок, геоэкологическая карта которого приведена на рис. 2.

Для каждой природной/геоэкологической зоны/подзоны выявлены закономерности изменения различных видов ограничений к природопользованию в зависимости от ландшафтной приуроченности территории.

В целом система ограничений природопользования разработана для всех репрезентативных ПК региона с учетом их зональной приуроченности. По своей структуре и назначению предложенная система ограничений природопользования может считаться универсальной для любого сектора криолитозоны России.

Как уже упоминалось, в настоящее время результаты системных эколого-геоэкологических исследований не отражены в законодательстве, поэтому используются ограниченно.



Ограничения к природопользованию

Ограничения к природопользованию		Урочища, его индекс
Законодательные		бв - поймы рек и долины ручьев кустарниково-моховые
		ба - плоские участки низерской поймы с пыльными
Геозкологические		2б - болото кустарниково-кустарниково-травяно-моховое с отдаленными деревьями (проточное)
Геозкологические и природоресурсные		1а - лес елово-березовый и еловый
		1в - редколесье елово-березовое
Геозкологические и инженерно-геологические		2а - болото топяное (проточное)
		2а - болото топяное (непроточное)
Без ограничений		2б - болото кустарниково-кустарниково-травяно-моховое с отдаленными деревьями (непроточное)
		3а - торфяник плоскобулгурный
		3г - торфяник вытуклобулгурный
		4а - тундры плоско- и пологоволнистые
		4з - тундры плоские продолженные
		4ж - тундры нечеткоблочные

Условное обозначение ландшафта, его генезис и абс. отметки земной поверхности, м

Г	Д	Е	Ж	З	И
м(гн)	м	1а	1а	а	аН
115(120)-160	90(100)-115(120)	70-90(100)	55(60)-70	речные террасы	

Прочие знаки

	границы урочищ		границы генетических ландшафтов и их индексов
--	----------------	--	---

Рисунок 5 – Подзона прерывистого распространения ММП. Северолесотундровый ландшафт. Фрагмент карты ограничений к природопользованию (в оригинале М 1: 50 000) – участок 2 на рис. 1.

Разработка карт ограничений к природопользованию была выполнена для разномасштабных уровней обобщения информации и включала несколько взаимосвязанных этапов: создание таблиц ограничений к природопользованию для ключевых участков; выявление зональных и региональных закономерностей территориальной структуры ограничений к природопользованию; определение приоритетных ландшафтов для промышленного освоения; создание разномасштабных карт ограничений к природопользованию, выбор условий их применения.

Для экологизации недропользования применительно ко всей криолитозоне Европейского Севера, а также для территорий традиционного природопользования вне криолитозоны, предлагается:

- выпустить «РАСПОРЯЖЕНИЕ о придании статуса территорий ограниченного природопользования (ТОП) для поиска, разведки, добычи месторождений полезных ископаемых»;

- в лицензионном соглашении в качестве СУЩЕСТВЕННОГО условия считать обязательное проведение оценки фонового состояния окружающей среды, указывать общую допустимую площадь освоения и глубину добычи;

- разработать ИНСТРУКЦИЮ Департамента по недропользованию СЗ ФО по составу и содержанию картографического обеспечения работ для оценки фонового состояния окружающей среды, включив в него, в частности, карты природных ландшафтов (мерзлотно-ландшафтные) масштаба 1:50 000 и мельче (низший отражаемый уровень – урочище) и карты ограничений к природопользованию (ограничения прописываются в дополнительном лицензионном соглашении и учитываются при разработке «Проекта горного отвода»);

- разделить стадии предварительного и окончательного горного отвода; определив продолжительность первой стадии (не более двух лет с начала пользования недрами);

- на основании предварительного горного отвода с целью контроля выполняемых работ недропользователями считать возможными поисковые и разведочные работы; другие виды работ до момента получения окончательного горного отвода считать недопустимыми и рассматривать их как СУЩЕСТВЕННОЕ нарушение лицензионного соглашения;

- осуществлять разработку «Проекта горного отвода» с учетом лимита использования земельных ресурсов (менее 5 % для северной криолитозоны, менее 10 % для южной криолитозоны) не ранее окончательного подсчета запасов, ориентируясь в том числе на карты природных ландшафтов (мерзлотно-ландшафтные) и ограничений к природопользованию);

- считать «Проект горного отвода» основанием для окончательного горного отвода.

Для ТОП, в случае прекращения промышленного использования участка, необходимо проводить ускоренное природовосстановление, а не рекультивацию, что также требует отражения в нормативных документах.

Таким образом, разработана универсальная в методическом отношении система ограничений к природопользованию, предложены приемы картографирования этих ограничений, основанные на использовании в качестве основы крупно-среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт, предлагаются направления и приемы по законодательно-административному обеспечению сбалансированного развития Северных территорий, в том числе криолитозоны БЗТ, учитывающие как экономические, так и социально-экологические категории управления природопользованием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение поставленной в работе задачи позволило сформулировать ряд положений, представляющих собой предмет защиты.

1. **Разработана** универсальная для криолитозоны *концепция мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей*, основывающаяся на территориальной взаимообусловленности категорий «урочище – морфология ландшафта – ландшафтная индикация – геокриологическая зональность». В соответствии с этой концепцией, стратегия действий при выявлении геокриологических особенностей региона предполагает реализацию следующих последовательных действий: определение *количественных показателей морфологии ландшафтов*; установление *региональной взаимосвязи между природной и геокриологической зональностью*; установлении *региональных ландшафтов-индикаторов геокриологической зональности*; проведение (уточнение) *границ геокриологических зон/подзон*. В работе концепция реализована на примере БЗТ.

2. Впервые **установлено**, что на климатический тренд потепления реакция ММП может быть разнонаправленной. Для изучаемого региона это выражается изменениями характеристик ММП как деградационного, так и аградационного характера. Деградации ММП более характерна для северной криолитозоны. Она выражается в повышении температур ММП, увеличение мощности несквозных таликов, затухании интенсивности морозобойного растрескивания. Аградация ММП наблюдается на локальных участках и выражается, главным образом, в появлении новых массивов сливающейся мерзлоты. В южной криолитозоне на участках развития органогенных грунтов наблюдаются ярко выраженная аградация ММП: увеличения площади ММП главным образом за счет активного перехода некоторых видов болот в выпуклобугристые торфяники и формированием новых площадей ММП на талых участках среди выпуклобугристых торфяников. Температура мерзлых грунтов слабо реагирует на потепление климата.

3. **Установлена** региональная специфика взаимозависимости «природная подзона – геокриологическая подзона». **Доказано**, что природная и

геокриологическая зональности в регионе взаимосвязаны следующим образом: зона тундры соответствует подзоне сплошного распространения ММП, подзона северной лесотундры – подзоне прерывистого распространения ММП, подзона южной лесотундры – подзоне массивно-островного распространения ММП, подзона крайнесеверной тайги (северная часть) – подзоне островного распространения ММП. Утверждение основано на количественном отношении суммарной площади участков с ММП к общей площади ландшафтов различных природных зон/подзон.

4. Впервые для БЗТ **разработана система** региональных урочищ-индикаторов, позволяющая уточнить границы геокриологических подзон.

В целом универсальной группой индикаторов является группа урочищ торфяников. Другие группы урочищ не всегда можно использовать для индикации. Наиболее значимым показателем при использовании урочищ-индикаторов при проведении геокриологических зон является криогенный рельеф. В южной криолитозоне – это, прежде всего, обширные площади пучения (в основном бугры) в стадии роста; в северной криолитозоне – древний рельеф (блочный).

5. Впервые для Большеземельской тундры **составлена геокриологическая карта М 1:1 000 000**, основанная на использовании метода мерзлотно-ландшафтной индикации. Она отражает специфические особенности современного состояния и пространственной изменчивости криолитозоны БЗТ. В целом геокриологическая зональность в соответствии с ландшафтной проявляется для БЗТ в распространении мерзлых пород по площади и, в меньшей степени, в их температурном режиме. Сезонное протаивание и промерзание не коррелируют с ландшафтной зональностью: формирование глубин СТС-СМС в южной криолитозоне определяется в основном региональными факторами, в северной – сочетанием региональных и зональных. Криогенные процессы и криогенное строение в значительной степени зависят от региональных ландшафтных категорий. Обращает на себя внимание, что при общем потеплении климата наиболее активным рельефоформирующим процессом является процесс «зимнего» ряда – пучение.

6. **Разработана концепция оптимизации природопользования в условиях криолитозоны**, обосновывающая возможность обеспечения устойчивого природопользования в северных регионах России путем последовательной реализации следующих методических и научно-практических приемов и мероприятий: *разработки количественных (площадных) критериев для оценки экологического состояния* достаточно крупных территорий и определение условий его сохранения; *выделения ландшафтов с ограничениями к хозяйственному освоению* и создание соответствующих карт на базе крупно- среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт; *разработки и последующим внедрении методов и приемов по совершенствованию нормативно-правового режима природопользования* в криолитозоне. Следование этой концепции в практике хозяйствования позволит

обеспечить в криолитозоне бесконфликтность различных видов природопользования при одновременном сохранении экологических, социальных и экономических функций территории, то есть условий для устойчивого развития региона.

7. Впервые для криолитозоны региона **определены зональные критерии** удовлетворительного экологического состояния, базирующиеся на соотношении между экстенсивно и интенсивно используемыми территориями; на зональном и региональном уровнях **проведена экодиагностика** территории; **дана оценка** перспектив сохранения современного экологического состояния БЗТ. Современная экологическая ситуация всех геокриологических подзон БЗТ определяется как относительно удовлетворительная. Наблюдается четкое противоречие между равновесным состоянием природной среды на зональном и административном уровнях и ее явным неблагополучием на локальном (в очагах проживания населения и производственной деятельности формируются критические и кризисные экологические ситуации). При сохранении существующего подхода к освоению территории криолитозоны вовлечение в хозяйственный оборот всех разведанных месторождений в совокупности с уже имеющейся транспортной инфраструктурой и селитебными объектами приведет к недопустимой степени потери ПК, превышению естественных ограничений, обусловленных физическими параметрами криолитозоны и утрате ее экологического состояния (экологического статуса), дальнейшему подрыву кормовой и пространственной базы оленеводства.

8. Определен суммарный допустимый лимит площадного воздействия на природные комплексы, обеспечивающий их удовлетворительное экологическое состояние, – 10% для южной криолитозоны БЗТ, 5% – для северной.

9. Разработана универсальная в методическом отношении **система ограничений к природопользованию** и предложены приемы картографирования этих ограничений, базирующиеся на использовании крупно-среднемасштабных мерзлотно-ландшафтных карт. Система ограничений может считаться универсальной для области развития ММП в целом, хотя адаптирована к конкретным мерзлотно-ландшафтным условиям БЗТ. Ограничения к природопользованию применяются к участкам с максимальной степенью риска для природно-техногенных систем (инженерно-геологические), в том числе геокриологического, наиболее эколого-значимым природным комплексам (экологические: законодательные и геоэкологические), оленьим пастбищам (природоресурсные). Назначение этих ограничений для урочищ определяется их зональной принадлежностью. Структура ограничений к природопользованию тесно соотносится с морфологической структурой ландшафта, меняется в зависимости от локализации урочища в конкретном ландшафте и геокриологической/природной подзоне.

Предложены приемы разномасштабного картографирования ограничений к природопользованию и мерзлотно-ландшафтный подход к выбору оптимальных для промышленного освоения пространств.

10. Предложено использовать комплексные среднемасштабные мерзлотно-ландшафтные исследования в качестве информационной основы для совершенствования нормативно-правового режима природопользования в криолитозоне.

11. Разработаны направления и приемы по законодательно-административному обеспечению сбалансированного развития Северных территорий (в том числе криолитозоны БЗТ), внедрение которых в практику позволяет учитывать как экономические, так и социально-экологические категории управления природопользованием. Для этого в первую очередь необходимо установить особый нормативно-правовой режим, обеспечивающий адаптированную к природной ситуации производственную и хозяйственную деятельность.

По теме диссертации опубликовано 77 работ, основные – следующие:

а) в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Осадчая Г. Г.** Методика определения влияния моховых покровов на температурный режим грунтов // Изв. РГО. – 1994. – Т. 126. – Вып.6. – С. 71-77.

2. **Осадчая Г. Г.** Теплоизолирующее воздействие моховых покровов на температуру деятельного слоя // Криосфера Земли. – 2000. – Т.4. – № 2. – С. 24-30.

3. **Осадчая Г. Г.** Стабилизирующие реакции мерзлотных ландшафтов на изменение климатических условий // Криосфера Земли. – 2003. – Т. VII. – № 4. – С. 21-27.

4. **Осадчая Г. Г.** Сохранение территориального ресурса как одно из условий устойчивого развития криолитозоны (на примере Большеземельской тундры) // Криосфера Земли. – 2009. – Т. XIII. – № 4. – С. 24-31.

5. **Зенгина Т. Ю., Осадчая Г. Г., Парада Н. Н.** Биосферные функции криолитозоны Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в условиях промышленного освоения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия – Экология и безопасность жизнедеятельности. – Изд-во Российского университета дружбы народов. – 2011. – № 3. – С.32-38.

6. **Осадчая Г. Г., Зенгина Т. Ю.** Возможности сбалансированного использования биосферного и ресурсного потенциала Большеземельской тундры // Криосфера Земли. – 2012. – Том XVI. – № 2. – С. 43-51.

7. **Осадчая Г. Г., Тумель Н. В.** Локальные ландшафты как индикаторы геоэкологической зональности (на примере Европейского Северо-Востока) // Криосфера Земли. – Том XVI. – № 3. – 2012. – С.62-71.

8. **Осадчая Г. Г., Хохлова Е. С.** Определение ограничений к природопользованию при вовлечении в освоение территориальных ресурсов южной криолитозоны Большеземельской тундры // Криосфера Земли. – Т. XVII. – № 3. –

2013. – С. 35-43.

9. Зенгина Т. Ю., Котова Н. Н., **Осадчая Г. Г.** Опыт мелкомасштабного картографирования современного природопользования Республики Коми // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Выпуск 2 (18). – Сыктывкар, 2014. – С. 101-108.

10. Зенгина Т. Ю., **Осадчая Г. Г.** Современные угрозы сохранению основных элементов природно-экологического каркаса Усинского района республики Коми (проблемы, факторы риска, современное состояние) // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Выпуск 4(20). – Сыктывкар, 2014. – С. 33-42.

11. Тихонова Т. **В., Осадчая Г. Г.** Потенциал устойчивости экосистем Печоро-Уральской Арктики республики Коми: зональный и локальный уровни оценки // Проблемы региональной экологии. – № 2. – 2014. – С. 22-27.

12. Долгов Ф. В., **Осадчая Г. Г.,** Зенгина Т. Ю. Сравнительная оценка экосистемных функций репрезентативных урочищ южной криолитозоны Большеземельской тундры // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Выпуск 2 (22). – Сыктывкар, 2015. – С. 24-35.

13. **Осадчая Г. Г.,** Тумель Н. В., Королева А. М. Криогенные процессы на органогенных грунтах как индикатор инженерно-геологических ограничений к природопользованию (на примере Большеземельской тундры) // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 2. – С. 89-94.

14. **Осадчая Г. Г.,** Шаропова Л. В., Зенгина Т. Ю. Возможности экологизации недропользования на Европейском Севере посредством совершенствования нормативных актов // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 3. – С. 222-227.

15. **Осадчая Г. Г.,** Зенгина Т. Ю., Ковалева Н. С. Принципы и методы экодиагностики криолитозоны (на примере Европейского Северо-Востока) // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 2. – С. 102-107.

б) глава в монографии

16. Осадчая Г. Г. Географические аспекты природовосстановления в криолитозоне крайнесеверной тайги // Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере / Коллектив авторов под общ. ред. И. Б. Арчеговой. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2009. – С. 149-157.

в) статьи в прочих изданиях

17. **Осадчая Г. Г.** Региональные особенности пространственной изменчивости геокриологических условий Тимано-Печорской провинции / Геология и минеральные ресурсы северо-востока России: новые результаты и перспективы: Материалы XIII геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар, 1999. – С. 41-43.

18. Маслов А. Д., **Осадчая Г. Г.**, Тумель Н. В., Шполянская Н. А. Основы геокриологии: учебное пособие. – Ухта: Изд-во Института управления, информации и бизнеса, 2005. – 176 с. (Гриф УМО)

19. **Осадчая Г. Г.**, Тумель Н. В. Значение криогенных процессов при оценке климатических изменений в Большеземельской тундре / Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения: Материалы Международной конференции. – Т.1. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – С. 298-300.

20. **Осадчая Г. Г.**, Ситников А. В. Использование урочищ-индикаторов при геокриологических исследованиях (на примере Большеземельской тундры) / Проблемы инженерно-геологического обеспечения строительства объектов нефтегазового комплекса в криолитозоне: Материалы научно-произв. конф. – М.:ФГУП ПНИИИС, 2006. – С. 127-130.

21. Осадчий В. В., **Осадчая Г. Г.** Современная мерзлота южной криолитозоны Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции / Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения». Тюмень, 21-24 апреля 2008 г. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2008. – С. 258-261.

22. **Осадчая Г. Г.**, Зенгина Т. Ю., Королева А. М., Долгов Ф. В. Экосоциосистемный подход при разработке разномасштабных карт для оптимизации природопользования в криолитозоне / Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Доклады IX Всероссийской конференции (27-29 мая 2014 г., г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия). – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2014. – С. 53-58.

23. **Осадчая Г. Г.**, Тумель Н. В., Зенгина Т. Ю., Лаптева Е. М. Обзорная геокриологическая карта Большеземельской тундры (Республика Коми и Ненецкий автономный округ) М 1:1000000 / Отчёт проекта ПРООН/ГЭФ/ЕС «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев р. Печора». – Сыктывкар, 2015. – 112 с. [http://www.undp-komi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1610:2015-07-28-08-59-47&catid=73:-6&Itemid=125].

24. **Осадчая Г. Г.**, Лаптева Е. М., Дегтева С. В., Зенгина Т. Ю. Возможность расширение сети фонового геокриологического мониторинга Большеземельской тундры за счет участков экологического каркаса / Инженерные изыскания в строительстве. / Материалы Одиннадцатой конференции изыскательских организаций, М.: Издательство «Академическая наука», ООО «Геомаркетинг», 2015. – С. 129-131.