

На правах рукописи

*Пономарев*

Пономарева Ольга Евгеньевна

**РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПРИ ТЕХНОГЕНЕЗЕ  
(на примере Надымского района Тюменской области)**

25.00.36 – геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Тюмень – 2006

Работа выполнена в Институте криосферы Земли  
Сибирского отделения Российской Академии наук

Научный руководитель доктор географических наук,  
Н.Г. Москаленко

Официальные оппонен- Доктор геолого-минералогических наук  
ты: Станислав Алексеевич Лаухин  
(Институт проблем освоения Севера СО  
РАН).  
Доктор геолого-минералогических наук  
Феликс Менделеевич Ривкин  
(Проектно-изыскательский институт ФГУП,  
Фундаментпроект).

Ведущая организация: Институт геоэкологии РАН.

Защита состоится 28 ноября в 9<sup>30</sup> 2006 г. на заседании диссертацион-  
ного совета ДМ 003.042.01 при Институте криосферы Земли СО РАН по  
адресу: г.Тюмень, ул. Малыгина, 86.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института криосферы  
Земли СО РАН по адресу: г.Тюмень, ул. Таймырская, 74.

Автореферат разослан 26 октября 2006 г.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью учреждения, просьба направ-  
лять по адресу: 625000, Тюмень, а/я 1230, e-mail: [sciensec@ikz.ru](mailto:sciensec@ikz.ru)

Секретарь  
Диссертационного совета  
ДМ 003.042.01.



к.г.-м.н. Е.А. Слагода

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы и постановка проблемы.**

В настоящее время происходит дальнейшее освоение равнин криолитозоны России, в первую очередь ее северных районов. Тенденция вовлечения в активную экономическую жизнь этих ранее мало использовавшихся районов Арктики и Субарктики, богатых сырьевыми ресурсами, будет сохраняться и в будущем. Природные комплексы Арктики и Субарктики крайне уязвимы и неустойчивы по отношению к техногенным воздействиям. Восстановление нарушенных природных комплексов происходит с различной скоростью в северных районах, но значительно медленнее, чем в умеренных широтах, причем в ряде случаев нарушенные природные комплексы не восстанавливаются. Деградация северных районов будет иметь непредсказуемые последствия в глобальном масштабе. Для сохранения природы Арктики и Субарктики и обеспечения надежности эксплуатации объектов в ее пределах, безусловно, необходима информация о состоянии природных комплексов на территориях нового освоения и данные об их изменениях под влиянием техногенеза, полученные для ранее освоенных северных районов. Большую практическую ценность представляет анализ результатов длительных стационарных наблюдений за динамикой развития природных и природно-техногенных комплексов в ранее освоенных районах, в том числе анализ результатов наблюдений за развитием экзогенных геологических процессов. Особенно важно выявить естественную, техногенную составляющую перестройки природных комплексов, происходившую в условиях потепления климата, отчетливо прослеживаемого в 1970-1990 гг.

Работа посвящена выявлению интенсивности и тенденций развития заболачивания, термокарста и многолетнего пучения в естественных и нарушенных природных комплексах. Проведено природоохранное районирование Надымского района по степени устойчивости природных комплексов к техногенному воздействию с учетом новой информации о развитии экзогенных геологических процессов

**Цели и задачи исследования.** Цель работы - оценить интенсивность и тенденции развития ведущих экзогенных геологических процессов северной тайги: многолетнего пучения, термокарста, заболачивания на основе продолжительного мониторинга для оценки устойчивости природных комплексов озерно-аллювиальных равнин к техногенным воздействиям.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Изучить природные условия, влияющие на развитие процессов многолетнего

пучения, термокарста и заболачивания.

2. Изучить тенденции и интенсивность процесса пучения в естественных условиях.
3. Изучить тенденции и интенсивность процесса термокарста в естественных условиях.
4. Изучить тенденции и интенсивность процесса заболачивания в естественных условиях.
5. Оценить влияние техногенных нарушений на тенденции и интенсивность процессов пучения, термокарста и заболачивания для оценки устойчивости природных комплексов к техногенным воздействиям.

**Личный вклад и методы исследований.** Фактический материал, послуживший основой для данной работы, собран автором в 2000-2005 гг. на стационаре «Надымский». Автором были поставлены задачи для оценки величин пучения и выполнены измерения на стационарных профилях, пересекающих нарушенные и естественные природные комплексы, методом ежегодной нивелировки марок от глубинного репера. Для изучения тенденций развития термокарста применен расчетный метод. По результатам дешифрирования автором были оценены тенденции развития заболачивания в естественных условиях (космоснимки масштаба 1:75000, залеты 1989, 2004 гг) и в нарушенных условиях вдоль трассы газопровода (аэроснимки 1:5000, залеты 1977, 1987 гг.). Климатические факторы анализировались за 40 лет по данным метеостанции «Надым». Анализировались и обобщались материалы по пучению, мониторингу природных комплексов и растительности, измерениям температур пород в скважинах, глубинам сезонного оттаивания, по ландшафтной и инженерно-геокриологической съемке района исследований и трассы газопровода, полученные в 1970-1999 гг. А.Н. Козловым, Е.С. Мельниковым, Н.Г. Москаленко, В.Л. Невечерей и Ю.Л. Шуром.

#### **Научная новизна работы.**

1. Впервые проведен анализ результатов мониторинга многолетнего пучения минеральных, торфяно-минеральных, торфяных бугров и плоскобугристых торфяников за 30 лет. Выявлена зависимость интенсивности пучения от суммы температур холодного периода и количества зимних осадков, позволяющая определить тенденцию развития процесса в естественных условиях. Установлено что, несмотря на повышение температур воздуха в 1966-1997 гг., в естественных условиях: а) продолжался рост старых бугров пучения, б) появлялись и росли новые бугры пучения, в) развивалось пучение плоскобугристых торфяников. После 1997 г. интенсивность процесса пучения снизилась.

2. Установлено, что в естественных условиях термокарст не развивался даже в наиболее теплые летние сезоны 1991 и 2003 гг., благодаря тому, что зимой тепловая осадка сменялась пучением.

3. Впервые расчетным методом получены данные по тепловой осадке для бугров пучения и плоскобугристого торфяника, произошедшей за период с 1971 по 2005 г. в естественных условиях за счет увеличения глубины протаивания. Установлено, что тепловая осадка достигает значительных величин только на торфяно-минеральных буграх пучения при значительной мощности торфа.

4. Составлены и проанализированы карты природных комплексов на разные временные срезы. В естественных условиях выявлено: а) увеличение площади болот на двух (из трех) геоморфологических уровнях, свидетельствующее об усилении заболачивания, вызванном увеличением количества летних атмосферных осадков, причем на II надпойменной террасе, сложенной талыми породами расширение площади болот происходит за счет сокращения площади лесов; б) отсутствие изменений площади болот в поймах рек обусловлено лучшими, чем на других геоморфологических уровнях условиями для стока болотных вод в реку.

5. Для бугров пучения на техногенно нарушенных территориях с затрудненным подтоком воды установлены три этапа посттехногенного развития: 1) тепловая осадка; 2) стабилизация; 3) пучение.

6. Установлено, что на III озерно-аллювиальной равнине приращение площади болот в 3 раза выше в нарушенных условиях, чем в естественных условиях.

7. Составлена карта природоохранного районирования на экспериментальный участок на базе нового подхода к оценке устойчивости природных комплексов, учтена большая контрастность в активности экзогенных геологических процессов.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Бугры пучения на озерно-аллювиальной равнине в северной тайге Западной Сибири развиваются в настоящее время, т.е. не являются реликтовыми формами, и подъем их поверхности за 30 лет составил 30-70 см, а максимальный подъем происходил в наиболее холодные зимы 1999, 2001 г.

2. Выделяются три этапа в посттехногенной истории развития торфяных бугров пучения: 1) тепловая осадка; 2) стабилизация, 3) пучение, которые сменяются по мере восстановления растительности.

3. Термокарст вне зоны техногенеза в современных климатических условиях

не активен. Несмотря на увеличение глубины оттаивания за 30 лет тепловая осадка в естественных условиях составляет от 4 мм до 36 см. В условиях техногенеза термокарст развивается, причем за 2,5 года <sup>осадка</sup> достигает 83 - 100 см.

4. В естественных условиях увеличение площади болот составляющее 2 – 9% за 30 лет, происходит за счет увеличения количества летних атмосферных осадков. При техногенезе заболачивание значительно интенсивнее и происходит как за счет увеличения количества летних осадков, так и за счет нарушения поверхностного стока и затопления в результате прокладки газопровода.

5. Детализирована карта природоохранного районирования бассейна Надыма за счет выделения неустойчивых участков в пределах среднеустойчивых и слабоустойчивых районов. Это позволяет учесть реакцию не выраженных в масштабе карты бугров пучения, на техногенные нарушения.

**Практическое значение работы.** Результаты исследований могут быть использованы при планировании освоения и проектировании линейных сооружений на озерно-аллювиальных равнинах Западной Сибири. Выполненная оценка величины осадки для разных ландшафтных условий представляет непосредственный практический интерес для проектировщиков.

Карта природоохранного районирования позволит рационально распределить объем природоохранных мероприятий, сконцентрировав его в наименее устойчивых районах и, тем самым, снизить расходы на строительство и эксплуатацию сооружений, минимизировав при этом воздействие техногенных нарушений.

**Публикации и апробация работы.**

Основные результаты проведенных исследований представлены в 14 публикациях и главе монографии «Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции». Материалы работы доложены на 10 конференциях: на Второй и Третьей конференциях геокриологов России в 2001 и 2005 гг.; Международной конференции «Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения в Пушино, 2003; Всероссийской конференции с Международным участием "Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов", в Архангельске, 2004; Международной конференции "Криосфера нефтегазоносных провинций", Тюмень, 2004; Международной конференции «Приоритетные направления в изучении Криосферы Земли», Пушино, 2005; Второй Европейской конференции по вечной мерзлоте в Потсдаме в Германии, 2005; на симпозиуме «Проблемы инженерно-геологического обеспечения строительства объектов нефтегазового комплекса в криолитозоне», в Москве в ПНИИС, 2005; Всероссийской конференции «Оценка и управление природными рисками» в

Москве, 2006; Международной конференции «Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения» в Тюмени, 2006.

### **Структура и объемы работы.**

Диссертация изложена на 139 страницах, иллюстрирована 44 рисунками, включает 14 таблиц и состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 10 наименований.

Работа выполнена под руководством д.г.н. Н.Г. Москаленко. Своему руководителю я благодарна за помощь и советы. Я выражаю признательность за консультации докторам г.-м.н. Е.С. Мельникову, С.М. Фотиеву, Д.С. Дроздову, А.А. Васильеву, М.О. Лейбман, кандидатам г.-м.н. Г.В. Малковой, Л.А. Конченко, А.Г. Скворцову. Аспирантам П.В. Рычкову, Е.В. Устиновой и П.Т. Орехову я благодарна за содействие при выполнении полевых исследований.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение.** Во введении обосновывается актуальность исследований экзогенных геологических процессов как составной части исследований состояния природных и природно-техногенных комплексов и их практическая значимость. Формулируются цель и задачи исследований. Приводится краткая характеристика использованных материалов и указывается роль автора в их получении и обработке. Указывается, что мониторинговые наблюдения за криогенным пучением грунтов и термокарстом в Надымском районе были начаты в 1971 г. В.Л. Невечерей и Ю.Л. Шуром, однако эти исследования не были завершены. Недостаточно изученными остались вопросы о различиях в тенденциях развития процессов в нарушенных и естественных условиях. Работы по изучению развития заболачивания проводились только в полосе трассы газопровода. Полученные результаты не позволяли судить о современных тенденциях развития процессов, так как приостановились в 1983 г. до начавшегося в 90-х годах потепления климата и не отражали реакцию геологической среды на характер изменений климата в последние 15 лет. Между тем повышение температуры воздуха и температуры многолетнемерзлых пород вносят свои коррективы в тенденции развития процессов.

**Глава 1. Влияние природных условий на развитие экзогенных геологических процессов.** Развитие процессов пучения, термокарста, заболачивания определяется сочетанием гидрометеорологических, геокриологических, гидрогеологических условий. На них оказывают влияние почвенно-растительный покров, рельеф. Для анализа климатических факторов привлекались данные метеостанции «Надым» с 1966 по 2006 г. Среднегодовая температура воздуха меняет-

ся от  $-2,6^{\circ}$  до  $-8,1^{\circ}\text{C}$ , составляя в среднем  $-5,6^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивает условия для формирования миграционных бугров пучения, но не позволяет образовываться буграм гидролакколитам. Суммы температур холодного периода изменяются от  $-80,5^{\circ}$  до  $-156,9^{\circ}\text{C}$ , составляя в среднем  $-111^{\circ}\text{C}$  (рис. 1), на этом фоне зимы 1985, 1999 и 2001 гг. были самыми суровыми за период мониторинга пучения. В эти годы отмечался скачкообразный рост бугров пучения и максимальный подъем поверхности плоскобугристого торфяника.

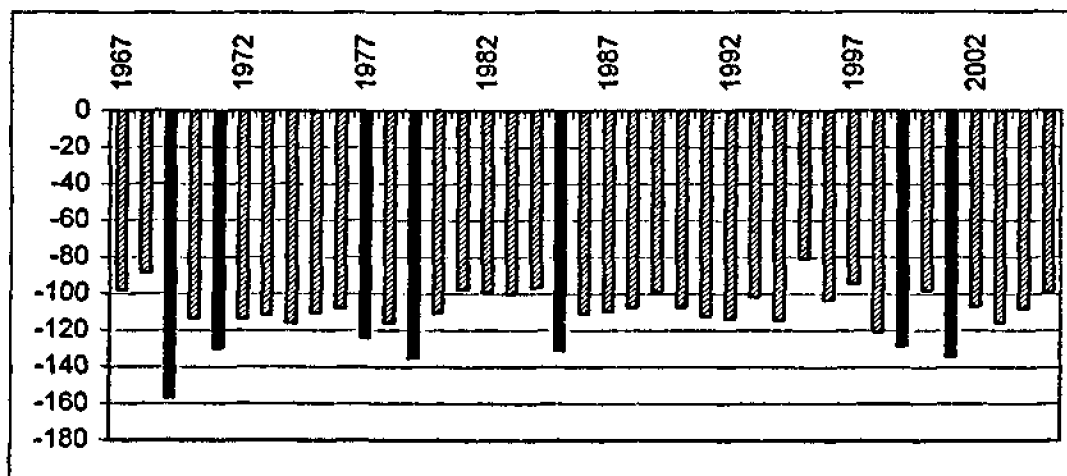


Рис 1. Сумма температур холодного периода,  $^{\circ}\text{C}$ , по данным метеостанции «Надым» (черным цветом выделены наиболее суровые зимы).

Температуры теплого периода (рис. 2), изменялись от  $32,8^{\circ}$  до  $56^{\circ}\text{C}$ , составляя в среднем  $43,7^{\circ}\text{C}$ . Анализ тренда показывает, что имеет место повышение этого показателя, что и отразилось на увеличении глубины протаивания пород, однако оказалось недостаточным для активизации термокарста в естественных условиях.

Количество зимних атмосферных осадков изменялось от 133,7 до 327,8 мм, составляя в среднем 224 мм. Маломощный снежный покров отмечался 9 раз, в т.ч. в 1985, 2000 и 2001 гг., что сопровождалось интенсивным пучением отдельных марок. Причем зимы 1985 и 2001 гг. были к тому же и очень суровыми.

Количество летних атмосферных осадков изменяется от 121 до 488 мм, составляя в среднем 262 мм. Анализ тренда показывает, что с 1966 до 1988 года количество летних осадков уменьшалось, а затем стало неуклонно возрастать, что обусловило увеличение площади, занятой болотами.

Рельеф Надымского района - слабо расчлененный (абсолютные отметки поверхности 15-121 м), что обусловило его большую заозеренность и заболочен-

ность.

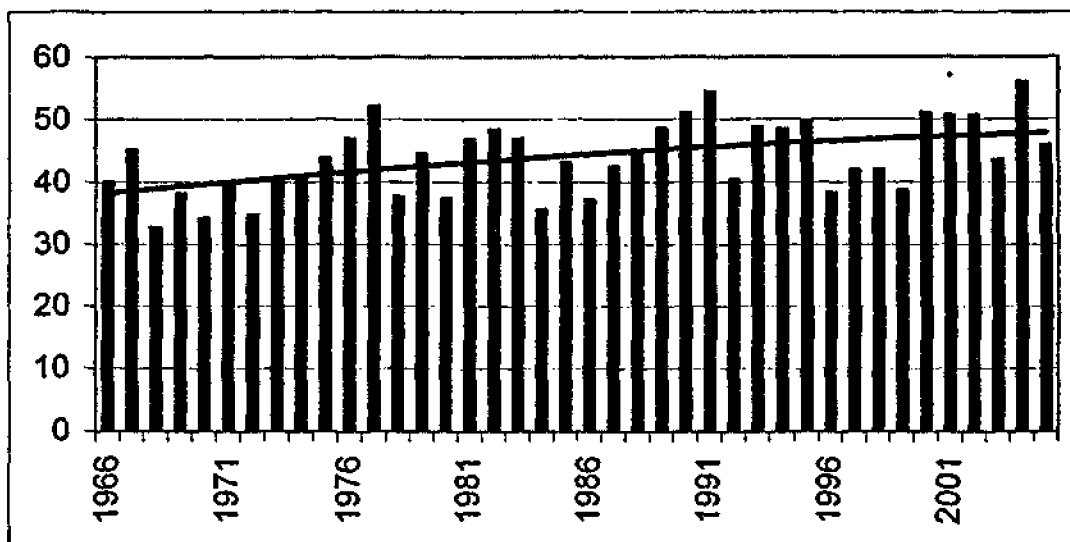


Рис.2.Количество летних осадков, в мм и линия тренда по данным метеостанции «Надым»

В разрезе поверхностных отложений преобладают пески пылеватые, супеси, суглинки и торф, что благоприятствует развитию сезонного и многолетнего пучения, замедляет фильтрацию и сток поверхностных вод, чем усиливает заболачивание. Возраст поверхностных минеральных отложений – зырянский и салехардский. Палеореконструкциями и уточнением представлений о возрасте отложений занимаются С.А. Лаухин, А.Х Арсланов, Ф.Е. Максимов и др. Высокая льдистость ММП наблюдающаяся в ММП пойм рек и III озерно-аллювиальной равнины является необходимым, но недостаточным условием развития термокарста.

Почвенно-растительный покров играет стабилизирующую роль в развитии процессов, его нарушение вызывает активизацию экзогенных геологических процессов. Растительный покров, кроме того, является индикатором стадий процессов, например, увеличение встречаемости, покрытия и высоты багульника на буграх по данным Н.Г. Москаленко наблюдается при прогрессирующем подъеме поверхности. Встречающиеся в почвенном слое псевдоморфозы свидетельствуют о широком развитии криогенеза в прошлом.

Исследуемая территория относится к зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых пород (ММП) (В.В.Баулин). В исследуемом районе выделяются два типа участков, резко различающихся по характеру распространения многолетнемерзлых пород - плоские заболоченные недренированные поверхности равнин и придолинные дренированные поверхности. В центральных (безлес-

ных) частях равнин многолетнемерзлые породы либо отсутствуют, либо имеют опущенную кровлю в пределах заболоченных и залесенных участков. В краевых дренированных частях аллювиальных террас многолетнемерзлые породы приурочены к массивам торфяников и склонам северной экспозиции.

Среднегодовые температуры многолетнемерзлых пород изменяются от 0 до  $-3^{\circ}\text{C}$  в зависимости от ландшафтных условий. Наиболее высокие температуры характерны для дренированных залесенных придолинных участков, сложенных песками. Наиболее низкая температура свойственна обширным торфяникам. Глубина сезонного протаивания варьирует от 0,5-0,7 м на торфяниках до 4 м на песчаных раздувах бугров пучения, а глубина сезонного промерзания - от 0,3 - 0,8 (на талых участках) до 1,5 - 2,5 м.

Из современных экзогенных процессов во многом благодаря наличию литологических и криогенных водоупоров, широко развито заболачивание, сезонное, многолетнее пучение. Есть данные об отдельных проявлениях современного термокарста. Локально развито новообразование мерзлоты. Особенности развития процессов рассматриваются в главах 2-4, а влияние техногенеза на них – в главе 5.

**Глава 2 Многолетнее пучение.** Процессы сезонного и многолетнего пучения изучали многие исследователи, как в Западной Сибири, так и за ее пределами-А.И. Попов, В.Л. Евсеев; А.П. Тыртиков, В.В. Баулин, Г.И. Дубиков, Ю.Т. Уваркин, Е.Б. Белопухова, В.Л. Невечеря, И.Д. Стрелецкая, Н.Г. Москаленко и др. Благодаря этим исследованиям к настоящему времени известны механизм образования многолетних бугров пучения (миграционный), источники поступления влаги – неглубоко залегающие водоносные горизонты и общие особенности распространения – приуроченность к границам заболоченных ложбин стока, болот с пошженной кровлей ММП и мерзлых торфяников. В.Л. Невечерей были начаты мониторинговые исследования и получены первые данные о скорости роста бугров. Открытым остается вопрос о времени образования бугров, гряд и площадей пучения.

К числу нерешенных относятся следующие вопросы: 1) об активности многолетнего пучения; 2) о развитии многолетнего пучения на плоскобугристых торфяниках; 3) об активизации многолетнего пучения на техногенно нарушенной территории; 4) о влиянии последних изменений климата на интенсивность пучения. Для решения этих вопросов на Надымском стационаре были организованы мониторинговые наблюдения на 4 стационарных профилях, перпендикулярных трассе газопровода Надым-Пунга. В качестве примера приведен фраг-

мент профиля I-I , проложенный через торфяно-минеральный и минеральный бугры пучения на 8 км трассы газопровода Надым-Пунга (рис.3).

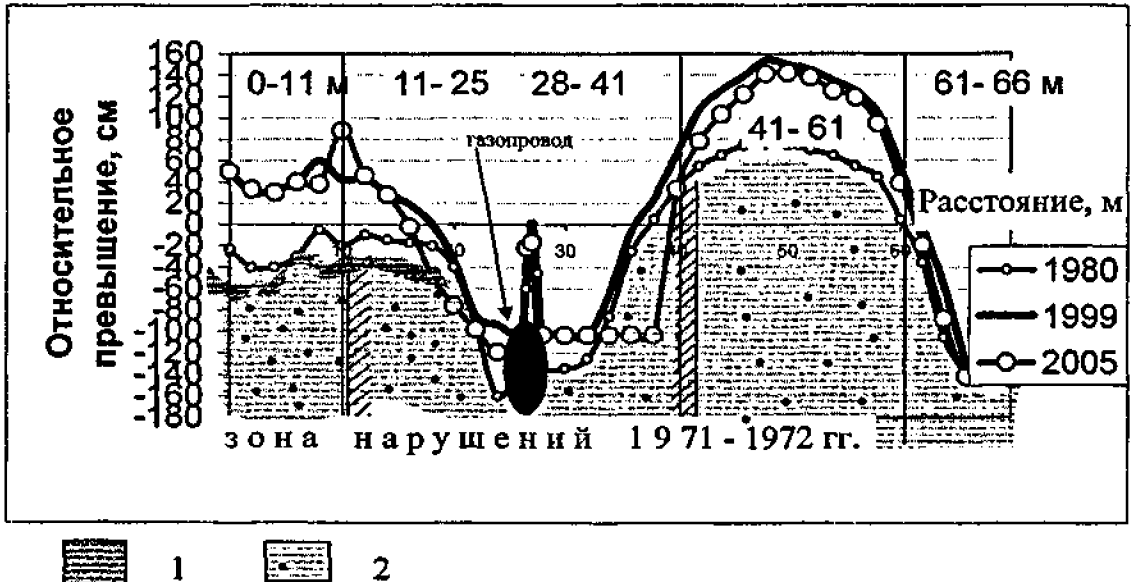


Рис.3. Изменение положения поверхности вдоль фрагмента профиля I-I в отдельные годы. Условные обозначения. 1- торф; 2 – песок .

Профиль II-II пересекает плоскобугристый торфяник, профиль III-III – мелкобугристые тундры на участках с опущенной кровлей ММП, профиль IV-IV – торфяно-минеральную гряду пучения. Нивелировка поверхности выполнялась один раз в год, в конце августа - начале сентября, когда сезонное оттаивание достигает максимума и положение поверхности отражает многолетний процесс пучения. Для этого вида работ использовался нивелир марки Н-3 класса. Отметки поверхности определялись относительно глубинного репера. Диаграммы отклонения поверхности вдоль профиля от ее положения в первый год наблюдений (рис 4) иллюстрируют различия в тенденциях и интенсивности пучения в зависимости от различий естественных условий и наличия нарушений.

Установлено, что в естественных условиях: а) продолжается рост старых бугров пучения; б) происходит образование и рост новых бугров пучения; в) имеет место подъем поверхности плоскобугристого торфяника вследствие пучения.

Выявлено, что рост бугров происходит скачкообразно в наиболее суровые зимы, после чего подъем поверхности на некоторое время замедляется. Так, максимальный подъем отмечался в 1999 г. при этом центральные части бугров стали на 70 см выше, чем в начале наблюдений.

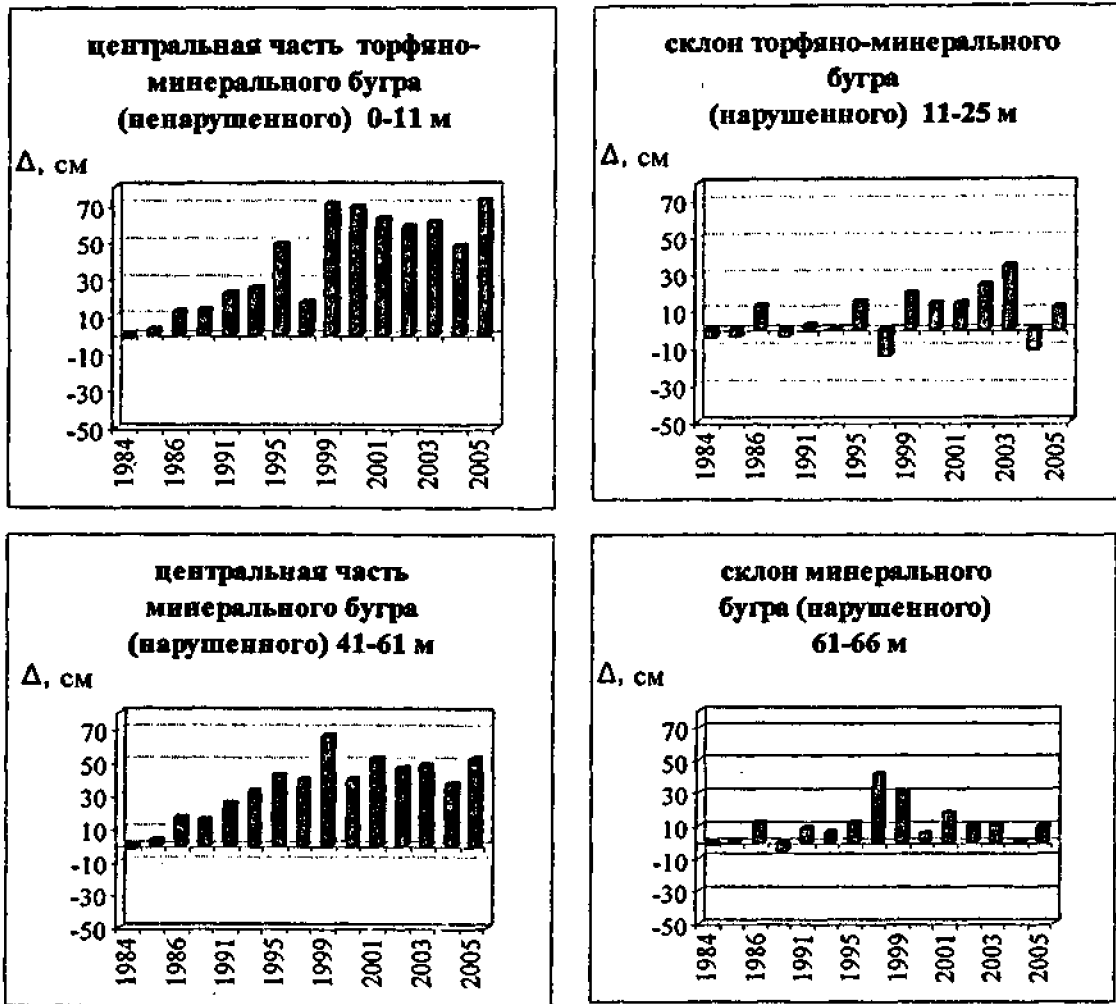


Рис.4. Диаграммы отклонения поверхности вдоль профиля I-I от ее положения в 1980 г. по данным повторных нивелировок.

Установлено, что подъем поверхности бугров происходит по площади неравномерно: он максимален на центральных частях бугров, поверхность на склонах пульсирует. Максимальная скорость подъема отдельных марок центральной части бугров за год достигала в 1999 г. 63 см на торфяно-минеральном и 30 см на минеральном буграх.

Установлено, что пучение плоскобугристого торфяника происходит скачками в наиболее суровые зимы, после чего ее подъем замедляется. За счет рекордного пучения в 1999г. поверхность торфяника оказалась на 67 см выше, чем была (1974 г). Скорость подъема отдельных точек торфяника за этот год составляла 50 см.

Выявлено, что на участках плоскобугристых торфяников и мелкобугри-

стых тундр с опущенной кровлей ММП, пучение в отдельные годы сменяется тепловыми осадками, в результате чего подъем их поверхности составляет к настоящему моменту всего 12 см по сравнению с положением в 1984 г. Максимальный подъем поверхности зафиксирован здесь в 2001 г, который замечателен не только суровой зимой, но и маленьким количеством зимних осадков.

Установлено, что наиболее активно процесс пучения протекает в том случае, когда природные условия обеспечивают возможность миграции влаги к мерзлому ядру бугра.

**Глава 3. Термокарст.** Изучением термокарста занимались многие исследователи. Благодаря работам этих исследователей - С.П. Качурина, И.В. Попова, Е.Б. Белопуховой, В.В. Баулина, В.П. Евсеева, А.П. Тыртикова, И.Д. Стрелецкой, Л.И. Вейсмана, Ю.Л. Шура известно о широком развитии современного и древнего термокарста в Западной Сибири. Установлено, что в прошлом термокарст был обусловлен вытаиванием древней системы полигонально-жильных льдов (ПЖЛ) и ледогрунтовых ядер бугров пучения и развивался по ПЖЛ неоднократно. Указывается, что причинами термокарста являются периодическое изменение климата и локальное изменение условий теплообмена, связанное с уничтожением растительного покрова. Классификация термокарстовых образований создана Ю.Т. Уваркиным, дополнена Л.И. Вейсманом по результатам исследований в Пур-Надымском районе. Изучив динамику процесса по аэрофотоматериалам периода 1949-1972 г. Л.И. Вейсман сделал вывод, что условия для естественного развития процесса в указанный период были неблагоприятны и все установленные термокарстовые образования находятся в стадии консервации. Отдельные случаи развития термокарста он отмечал при наземных работах по берегам некоторых озер, где происходит отступление берегов со скоростью 0,2-2 м/год и на некоторых буграх пучения, вследствие перемещения нижней границы ММП в ядре бугра. Отметим отсутствие в литературе новых данных о развитии процесса в Надымском районе по данным мониторинговых наблюдений за период 1990-2000 гг., которые должны представлять особый интерес в связи с происходящим изменением климата. Следовательно, можно сделать вывод о том, что современное развитие термокарста в Надымском районе изучено весьма слабо. В литературе указываются две главные причины нарушения растительного покрова, вызывающие начало термокарстового процесса: пожары, которые особенно усилились в связи со строительством и эксплуатацией газопровода, и строительные работы, сопровождающиеся планировкой поверхности, снятием растительного покрова и части почвенного горизонта. Пожары, как

причина начала термокарста, особенно опасны на торфяниках, т.к. лишайниковый покров способствует быстрому распространению огня. Скорость термокарста зависит от льдистости отложений.

Существующие в литературе высказывания о том, что основной причиной усиления термокарста в настоящее время в Западной Сибири является современное потепление климата, не обоснованы фактическим материалом.

Можно заключить, что термокарст на ненарушенной территории не относится к числу опасных криогенных процессов в Надымском районе. Однако, необходимы были дополнительные исследования, которые позволили бы оценить тенденции развития процесса при 1) техногенных нарушениях; 2) при потеплении климата.

Для получения ответа на поставленные вопросы были выполнены расчеты относительной и абсолютной просадки грунтов за счет увеличения глубины протаивания отложений, вызванной 1) сведением растительности (по 4 точкам профиля IV-IV и 3 точкам профилей I-III); 2) потеплением климата (по 2 точкам профиля I и 1 точке профиля II). Расчет осуществлялся по методике, предложенной Ю.Л. Шуром.

Величина осадки ( $h_{oc}$ ) по профилю IV-IV, произошедшей в 1974 г, т.е. через 2,5 года после сведения растительности рассчитывалась по формуле (1) для первых трех лет развития процесса,

$$h_{oc} = (H_{от} - H_{ест}) \partial \quad (1)$$

где,  $H_{от} - H_{ест}$  разница между глубинами протаивания отложений после нарушения и до нарушения.

Величина осадки по точкам профилей I-I, произошедшей за период с 1974 г, по 2005 г. по формуле (2), учитывающей уменьшение осадки со временем:

$$h_{oc} = \frac{(H_{от} - H_{ест}) \partial}{1 - \partial} \quad (2)$$

где,  $\partial$  - относительная осадка отложений, рассчитывалась по формуле (3)

$$\partial = 1 - \frac{\rho_{скч}}{\rho_{скmax}} \quad (3)$$

в которой  $\rho_{скч}$  - объемная масса скелета мерзлого грунта;  $\rho_{скmax}$  объемная масса скелета талого грунта

Получены следующие значения относительной осадки отложений в естественных условиях (табл. 1).

Таблица 1. Значения относительной осадки отложений в ес-

тественных условиях:

Состав протаивающих отложений	Суммарная влажность, %	относительная осадка $\delta$
торф	394	0,56
песок	18	0,01
торф	454	0,45

Величины абсолютной осадки за период с 1974 до 2005 г приведены в таблице 2.

Таблица 2. Величины осадки за счет увеличения глубины протаивания под влиянием потепления климата с 1974 до 2005 г .

Состав протаивающих отложений	Суммарная влажность, %	Нест, см	Нот, см	h ос, см
торф	394	38	66	36
песок	18	150	190	0,21
торф	454	59	60	0,8

Низкие значения осадки отложений характерны для плоскобугристых торфяников и торфяно-минеральных бугров пучения с маломощны торфяным покровом (объясняются незначительными увеличением глубины протаивания за период наблюдений), а максимальные – для крупнобугристых торфяников.

Таким образом, значительные величины осадок, которые могут представлять опасность для линейных сооружений, за счет естественного увеличения глубины протаивания под влиянием потепления климата в Надымском районе имеют место только на торфяно-минеральных и торфяных буграх пучения, сложенных с поверхности льдистым торфом.

**Глава 4. Заболачивание.** Болотным системам Западной Сибири, занимающим обширные площади в тасжной зоне (до 70%), посвящены многочисленные публикации Н.Я. Каца, Н.И. Пьявченко, А.П. Тыртикова, Л.В. Шумиловой, М.С. Боч , Т.В. Герасименко, Ю.С. Толчельникова, О.Л. Лисс, Н.А. Березиной, Ф.З. Глебова, М.И. Нейштадта, Н.Г. Москаленко, О.С. Туркиной, Ю.А. Львова и др.). В большинстве из упомянутых работ рассматриваются болота среднетаежной подзоны. Значительно меньше изучены болота северной тайги. Большой интерес и важное практическое значение имеют работы Б.Н. Городкова, А.П. Тыртикова, Л.Н. Тагуновой, Н.Г. Москаленко, рассматривающие динамику растительного покрова региона, в том числе и болот, и её влияние на развитие многолетнемерзлых пород.

На озерно-аллювиальных равнинах северной тайги преобладают мерзлые торфяники, представляющие собой древние болота, в настоящее время занятые

тундровым типом растительности. Заболачивание в них ограничено мочажинами. Работ, в которых характеризуются травяно-моховые болота северной тайги, мало (А.П. Тыртиков, Е.А. Романова, И.С. Ильина, Н.Г. Москаленко). В этих работах не рассматривается современное развитие заболачивания, изучение которого, несомненно, представляет важный научный и практический интерес для оценки тенденции развития этого ведущего в таежной зоне экзогенного геологического процесса.

Для изучения развития заболачивания широко используются аэрокосмические методы, совершенствованию методики которых посвящены работы Б.С. Виноградова, А.С. Викторова, Е.А. Востоковой и др. В настоящей работе был проведен анализ разновременных космоснимков, выполненных с интервалом в 15 лет, позволивший оценить развитие заболачивания в естественных условиях на территории Надымского района в целом. Для оценки развития заболачивания в нарушенных условиях на трассе газопровода Надым-Пунга использовались крупномасштабные аэроснимки залетов разных лет.

По космоснимкам выделены ландшафты 3 геоморфологических уровней – III озерно-аллювиальной равнины (III Ia), II надпойменной террасы реки Надым (II a) и поймы реки Хейга-Яха (0a). В пределах каждого ландшафта показаны озера, травяно-моховые болота, леса, торфяники и тундры. Торфяники не удается отделить от тундр из-за мелкого масштаба космоснимков.

Анализ отдешифрированного космоснимка показал, что заболоченность в пределах выделенных ландшафтов значительно различается (таблица 3).

Таблица 3. Изменение площади болот в пределах разных ландшафтов.

Ландшафт	Площади болот в %	
	1984 г.	2004 г.
III Ia	19.3	20.8
II a	16.8	25.9
0a	37.7	37.7

Активизация заболачивания характерна для II надпойменной террасы, на которой площади болот в условиях увеличения количества летних осадков растут за счет заболачивания лесов. Площади болот мало меняются в пределах устойчивого ландшафта поймы.

В дальнейшем в условиях ожидаемого увеличения количества летних осадков можно прогнозировать продолжение заболачивания лесов в пределах II надпойменной террасы и разрастание мочажин на торфяниках и тундрах III озерно-аллювиальной равнины.

## Глава 5. Оценка техногенных воздействий на изменение природных

**условий.** Острота экологических проблем, возникших при освоении северных равнин, побудила многих исследователей обратиться к этой теме у нас в стране: И.И. Шилову, С.М. Новикова, Е.А. Романову, Л.И. Усову, Б.А. Миронова, Е.П. Смолоногова, Ю.М. Алесенкова, В.И. Маковского, О.В. Хорошеву, С.Н. Гашева, М.Н. Гашеву, А.В. Соромотина, И.А. Беха, М.Н. Казанцеву, Н.Г. Москаленко, С.В. Васильева, Е.Г. Мяло, Н.М. Новикову, К.Я. Кондратьева, В.Ф. Крапивина, Г.В. Филиппса, Ф.М. Ривкина и за рубежом-W.E. Rickard, J. Brown, S.F. Chapin, G.R. Shaver, др. Этими учеными изучены последствия антропогенного воздействия на экологические условия разных регионов Севера, рассмотрены вопросы классификации антропогенных воздействий, намечены подходы к рекультивации интенсивно осваиваемых районов и охране природы. Однако антропогенная динамика природных комплексов как целостных геосистем в разных природных зонах Севера почти не изучена. Поэтому выявление закономерностей антропогенной динамики природных комплексов – оказывается одной из первоочередных проблем геоэкологии в настоящее время. Составной частью этой проблемы является изучение тенденций развития экзогенных геологических процессов под влиянием антропогенного фактора. Знание этих закономерностей является непременным условием для составления научно обоснованного прогноза восстановления природных комплексов после прекращения техногенного воздействия, который должен предшествовать проведению мероприятий по рекультивации и других мер по охране природы.

На Надымском стационаре изучалось развитие заболачивания, термокарста, многолетнего пучения под влиянием линейного строительства.

Изучение заболачивания на нарушенных территориях в Надымском районе показало, что на плоских недренированных или слабодренированных участках снятие растительного покрова приводит к активизации заболачивания. На этих участках, в местах где, нарушаются условия стока поверхностных и подземных вод на месте заболоченных лесов, торфяников или тундр возникают торфяно-моховые болота, сохраняющиеся в изменившихся условиях неопределенно долгое время.

В нарушенной зоне в результате подтопления часто возникают озерки, которые постепенно зарастают и заболачиваются. Фрагменты болот на плоских равнинах возникают также на участках, подвергшихся деформациям или осадке при освоении. На них застаиваются талые и дождевые воды, создаются условия для появления болотной растительности в техногенных отрицательных микроформах рельефа.

На плоскобугристых и крупнобугристых болотах и мелкобугристых тундрах активизация термокарста после нарушения растительности приводит к возникновению западин и микроозерков, в которых далее появляется болотная растительность, и процесс термокарста постепенно затухает.

После нарушения растительного покрова активно развивается термокарст на минеральных буграх и грядах пучения. Так, на 8-й год после снятия растительного покрова в термокарстовых просадках, образовавшихся местами на буграх, возникли озера, глубина которых достигает 1 м и площадь их через 30 лет после нарушения продолжает постепенно увеличиваться.

В результате дешифрирования крупномасштабных аэроснимков залетов разных лет было установлено, что на трассе газопровода Надым-Пунга за 10-летний период площадь болот увеличилась в среднем на 24%. Следовательно, на трассе газопровода увеличение площади болот в 3 раза больше, чем это было отмечено для Ш озерно-аллювиальной равнины в естественных условиях.

Сравнение этих аэроснимков показало, что за 10 лет площади озерков заметно не изменились, но значительно увеличились площади болот. Так, если в 1977 году болота занимали 29% от площади аэроснимка, то в 1987 году площадь болот составляла уже 57%.

Реконструкция первой нитки газопровода Надым-Пунга и отсыпка новой насыпи вызвала в 2005 г резкую активизацию подтопления, обусловленного изменением условий стока поверхностных и подземных вод. В дальнейшем можно ожидать активное заболачивание подтопленных участков.

Один из способов решения проблемы оценки активизации термокарста при техногенном воздействии - внедрение в систему мониторинга методов комплексного исследования экосистем. Выявление тенденций в изменении структуры природных комплексов под влиянием техногенеза позволяет оценить отклонения основных параметров компонентов природных комплексов от нормы. При этом растительность выступает надежным индикатором состояния природных комплексов и степени их трансформации в результате техногенных воздействий. Комплексное исследование природных комплексов позволяет получить более полную картину их антропогенных изменений.

Второй способ – расчетный. Осадка грунта при оттаивании, вызванном снятием растительного покрова была рассчитана по 3 точкам профиля IV-IV. Расчет показал, что величины осадок льдистого торфа на второй года после нарушения составляли 83 см. Полученные расчетные данные достаточно хорошо согласуются с данными мониторинговых наблюдений за положением поверхно-

сти вдоль профиля и служат убедительным подтверждением того, что в первые годы после нарушения растительного покрова на профиле происходила только осадка, а пучение возобновилось не сразу. Осадка грунта песчаного состава была незначительна.

Таким образом, можно считать, что нарушение ландшафтов с крупнобугристыми торфяниками, содержащими льдистые породы в верхней части разреза, приводит к активизации термокарста, который со временем затухает. Если верхняя часть разреза бугров пучения сложена малольдистыми породами, то антропогенные нарушения не вызывают значительных осадок, но в этом случае опасность представляет продолжающийся процесс пучения. Результаты наблюдений за активизацией процессов термокарста, заболачивания и пучения позволили внести поправки в существующую схему природоохранного районирования геологической среды.

При составлении этой схемы было принято, что степень активизации экзогенных геологических процессов, является своего рода интегральным показателем устойчивости среды. В результате анализа этого показателя и учета его взаимосвязей с остальными выделенные природоохранные районы объединены в пять групп, каждая из которых характеризуется своими особенностями природоохранной политики. Нами была пересмотрена степень устойчивости тех ландшафтов, для которых характерно наличие крупнобугристых торфяников.

К группе устойчивых районов отнесены районы, в которых техногенное воздействие не приводит к активизации экзогенных геологических процессов и проведения природоохранных мероприятий не требуется. Районы, в которых под влиянием освоения наблюдается слабая активизация заболачивания и дефляции, медленно протекающих во времени, охватывающих небольшие площади и не представляющих серьезной опасности для сооружений и среды, признаны относительно устойчивыми. В этих районах в местах сильных нарушений, где активизируется дефляция, рекомендуется проведение биологической рекультивации, приостанавливающей развитие этого процесса.

Среднеустойчивыми районами считаются те, в которых отмечается слабая активизация опасных криогенных (солифлюкция, термоэрозия, пучение и др.), эрозионных и оползневых процессов, протекающих локально, но с большей скоростью, чем выше упомянутые процессы. На участках с проявлениями перечисленных процессов требуется осуществление инженерной и биологической рекультивации. К среднеустойчивым районам с участками неустойчивых отнесены районы с крупнобугристыми торфяниками.

К слабоустойчивым районам относятся районы, где на значительных площадях активизируются опасные экзогенные геологические процессы, для предотвращения которых необходимо повсеместное проведение инженерных мероприятий (возведение водоотводных устройств, подсыпок, покрытий и др.), в местах сильных нарушений на склонах также и биологической рекультивации. К слабоустойчивым с участками неустойчивых отнесены районы, где развиты крупнобугристые торфяники.

В группе неустойчивых районов техногенные нарушения сопровождаются сильной активизацией опасных экзогенных геологических процессов, охватывающих большую часть площади района и протекающих быстро. Если эти районы нельзя исключить из освоения, то в них повсеместно приходится проводить инженерную и биологическую рекультивацию, направленную на восстановление условий, близких к исходным.

Карта природоохранного районирования позволяет по возможности исключить строительство сооружений в районах с опасными экзогенными геологическими процессами и проектировать полномасштабные природоохранные мероприятия, если исключить хозяйственную деятельность в этих районах невозможно.

## **ВЫВОДЫ**

1. Несмотря на многолетнее (30 лет) повышение температуры отложений, в Надымском районе происходит образование новых и рост старых миграционных бугров пучения при условии наличия талых водонасыщенных пород на границах с мерзлым ядром. Плоскобугристые торфяники подвергаются многолетнему пучению и величина подъема поверхности на них выше, чем на буграх пучения, при условии, что эти торфяники оказывают охлаждающее влияние, на окружающие породы. На техногенно нарушенных территориях многолетнее пучение возобновляется после осадки и восстановления растительности.

2. В естественных условиях незначительные величины осадки под влиянием потепления климата и увеличения глубины протаивания получены для отложений, слагающих крупнобугристые торфяники и торфяно-минеральные бугры пучения. На плоскобугристых торфяниках тепловая осадка еще ниже ввиду маленького увеличения глубины протаивания за период наблюдений. В нарушенных условиях на торфяно-минеральных и торфяных буграх пучения, сложенных с поверхности льдистым торфом, величины осадок, достигают значений, опасных для линейных сооружений

3. Установлено, что в естественных условиях происходит увеличение

площади болот на II надпойменной террасе Надыма (за счет заболачивания лесов) и III озерно-аллювиальной равнине (за счет разрастания мочажин на торфяниках и тундрах) под влиянием увеличения количества летних атмосферных осадков.

4. Участки развития бугров пучения должны выделяться на природоохранной карте как неустойчивые к техногенезу, в связи с чем, необходимо было внести коррективы в методику составления этой карты.

#### Публикации по теме диссертации.

1. Динамика влажности слоя сезонного оттаивания грунтов // Материалы Второй конференции геокриологов России. – М., изд-во Моск. Унив. 2001, т.2. – с.199-205. Соавтор: Н.Г. Москаленко.

2. Изменения бугров пучения, нарушенных линейным строительством в северной тайге Западной Сибири – Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения, Пушино. 2003. – с.70-71. Соавтор: Н.Г. Москаленко.

3. Изменения растительности и геокриологических условий бугров пучения, нарушенных линейным строительством в северной тайге Западной Сибири – Криосфера Земли. 2004, т. УШ, №2. – с.10-16. Соавтор: Н.Г. Москаленко.

4. Изучение экзогенных геологических процессов на трассе газопровода Надым-Пунга – Материалы Всероссийской конференции с Международным участием "Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов" – Архангельск, 2004. – с. 88-92. Соавтор: Н.Г. Москаленко.

5. База данных по динамике влажности сезонноталого слоя грунтов северо-таежных ландшафтов Западной Сибири // Материалы международной конференции «Криосфера нефтегазоносных провинций». – Тюмень, 2004. – с. 129-130. Соавтор: Харитонов А.С..

6. Мониторинг техногенных нарушений на трассе газопровода Надым-Пунга // Тезисы международной конференции "Приоритетные направления в изучении криосферы Земли". – Пушино, 2005. – с. 96,97. Соавторы: Рычков П.Н., Устинова Е.В.

7. Monitoring the frost mound surface dynamics along a gas pipeline route nadym-Punga, northern taiga zone of West Siberia // 2nd European Conference on Permafrost. Abstracts. – Potsdam, Germany, 12-16 June 2005, p.190.

8. Мониторинг динамики поверхности бугров пучения вдоль трассы газопровода Надым-Пунга (северная тайга Западной Сибири) // Материалы третьей конференции геокриологов России. – М.: МГУ, 2005 . Т.2. Часть 3. – с. 141-146.

9. Мониторинг инженерно-геокриологических условий на трассе газопровода Надым-Пунга // Проблемы инженерно-геологического обеспечения строительства объектов нефтегазового комплекса в криолитозоне. – М, ПНИИИС, 2006. – с.115-118. Соавторы: Н.Г. Москаленко, Казанцева Л.А., Устинова Е.В.

10. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. – М.: РАСН. 2006. – 358 с. Соавторы: Москаленко Н.Г., Васильев А. А., Гашев и др.

11. Мониторинг природной среды, нарушенной линейным строительством на севере Западной Сибири // Инженерно-экологические изыскания в строитель-

стве: основы, методика, методы и практика. Сергеевские чтения, вып.8. – М.: ГЕОС. 2006. – с. 44-48. Соавторы: Москаленко Н.Г., Казанцева Л.А., Рычков П.Н., Устинова Е.В.

12. Изучение многолетнего криогенного пучения на трассе газопровода Надым-Пунга // Оценка и управление природными рисками. – М.: РУДН, 2006 – с. 72-74.

13. Температура многолетнемерзлых пород крупнобугристых торфяников северной тайги Западной Сибири и прогноз ее изменения // Материалы Международной конференции «Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменений». – Тюмень: ТГНУ, 2006. т.1. – с. 90-93. Соавтор: Москаленко Н.Г.

14. Методы и результаты изучения экзогенных геологических процессов в Надымском районе Западной Сибири // Материалы Международной конференции «Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменений». – Тюмень: ТГНУ, 2006, т.1. – с. 272-274. Соавтор: Скворцов А.Г.

15. Структура бугров пучения северной тайги Западной Сибири // Ландшафты. Теория, методы, региональные исследования, практика: Материалы XI Международной конференции. – М.: Географический ф-к МГУ, 2006. – с 183-185. Соавторы: Казанцева Л.А., Москаленко Н.Г.

Подписано в печать 25.10.2006  
Формат 60×88 1/16. Объем 1.5 п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 543  
Отпечатано в ООО «Соцветие красок»  
119992 г. Москва, Ленинские горы, д.1  
Главное здание МГУ, к. А-102

