

На правах рукописи

Губарьков Анатолий Анатольевич

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И КРИОГЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ В БАСЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК И НА ПОБЕРЕЖЬЕ  
КАРСКОГО РЕГИОНА**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология



**АВТОРЕФЕРАТ**

Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Тюмень – 2009

Работа выполнена в институте криосферы Земли Сибирского  
отделения Российской Академии наук

Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук,  
**Марина Оскарвна Лейбман**

Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
**Сима Васильевна Воробьева;**  
кандидат географических наук,  
**Николай Александрович Скорбилин**

Ведущая организация - Институт проблем освоения Севера СО РАН,  
г. Тюмень

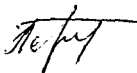
Защита состоится 24 декабря 2009 г. в 15<sup>30</sup> на заседании  
диссертационного совета Д212.273.02 при Тюменском государственном  
нефтегазовом университете по адресу: 625000, г. Тюмень, ул.  
Володарского, 38, зал им. А.Н. Косухина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечно-  
информационном центре Тюменского государственного нефтегазового  
университета по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью  
учреждения, просьба направлять ученому секретарю Совета по адресу:  
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Автореферат разослан 23 ноября 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к.т.н., доцент



В.И. Берг

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** На Севере Западной Сибири расположены основные месторождения нефти и газа, являющиеся основой топливно-энергетического комплекса России. Центральный Ямал – активно развивающийся район, основная база для прироста поставок газа на ближайшие десятилетия. В настоящее время ведется строительство поселков, железнодорожной и автомобильной магистралей, системы магистральных трубопроводов, морских и речных портов, аэродрома и вертодрома. Начиная с 1960–70 гг. в этом районе проводились многочисленные геокриологические и инженерно-геологические исследования. В меньшей мере изучены гидрологические процессы, влияющие, а в ряде случаев определяющие, динамику криогенных процессов различного генезиса.

Сложное криогенное строение поверхностных отложений с засоленными породами и присутствие залежей пластовых льдов в значительной мере определяют широкое распространение и высокую активность большого спектра криогенных процессов. Наиболее активными из общего комплекса являются криогенные оползание, термоэрозия и термокарст, а на морских побережьях – термоденудация, термоабразия и термоэрозия, которые часто находятся во взаимосвязи с гидрологическими процессами.

Негативное влияние криогенных и гидрологических процессов (термокарст, криогенное оползание, русловые процессы, термоэрозия, сток воды и наносов) на промышленные объекты в зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП) способно приводить к аварийным ситуациям и выводу объектов из эксплуатации. Для изучения влияния линейных и площадных объектов нефтегазового комплекса на природную среду на Севере Западной Сибири проводится производственный экологический мониторинг (ПЭМ). Для исследования криогенных и гидрологических процессов в естественных и техногенно преобразованных условиях необходима соответствующая методика ПЭМ.

Таким образом, **целью работы** является изучение взаимодействия гидрологических и криогенных процессов в бассейнах рек Ямала и на побережье Карского моря, методов предотвращения негативных последствий эрозии и термоэрозии.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Установить зависимость гидрографических характеристик овражно-балочных систем (термоэрозии) и заозеренности (термокарста) от площади бассейнов малых рек.
2. Установить закономерности развития эрозии и термоэрозии в естественных условиях и на участках техногенных нарушений.

3. Определить роль термокарста в формирования оврагов при вскрытии пластовых льдов термоэрозией.
4. Выявить изменение соотношения гидрологических и криогенных процессов в руслах малых рек от истоков до устьев.
5. Определить участие гидрологических и криогенных процессов в объеме выносимого с побережья в море материала.
6. Разработать методику производственного экологического мониторинга при строительстве на многолетнемерзлых грунтах и при предотвращении негативных последствий эрозии и термоэрозии.

**Исходные материалы.** В основу работы положены материалы, полученные автором в ходе экспедиционных работ на Центральном Ямале, Югорском полуострове и в северной тайге Западной Сибири: в 1988-2008 гг. на Бованенковском и Харасавэйском месторождениях; в 2005-2009 гг. на полигоне «Васькины Дачи» (Центральный Ямал); при проведении научно-практических работ по трассе проектируемого (2006 г.) и строящегося (2008-2009 гг.) магистрального газопровода «Бованенково-Ухта» и на объектах его инфраструктуры; в 2006 г., при проведении научно-практических работ по системе магистральных газопроводов «Заполярье – Новый Уренгой»; на побережье Карского моря в районе пос. Амдерма в 2007 г.

**Научная новизна работы.** Анализ литературных и фондовых данных, проведенных полевых, камеральных и лабораторных исследований гидрологических и криогенных процессов позволили автору развить ранее известные представления и установить новые закономерности проявления комплексов процессов, образуемых термокарстом, криогенным оползанием, русловыми процессами, термоэрозией, стоком воды и наносов:

1. Установлена прямая зависимость между площадью бассейнов малых рек и овражностью. Также обнаружена тенденция к сокращению заозеренности при увеличении площади бассейнов малых рек.
2. Впервые для Центрального Ямала измерениями и расчетами показано, что скорости роста оврагов и мутность потоков, размывающих поверхность на участках техногенных нарушений, на один (при расходах воды менее 10 л/с) – два (при больших расходах) порядка превышают эти параметры в естественных условиях.
3. Впервые измерена доля термокарста в формирования оврагов при вскрытии пластовых льдов термоэрозией, выделены зоны ближнего и дальнего горизонтального (в виде стока) переноса материала.
4. Доказано, что на малых реках Центрального Ямала в верхнем течении доминирует криогенное оползание с образованием запрудных русловых форм, в среднем течении доминирует термокарст с образованием глубоких

чёткообразных русловых форм и в нижнем течении доминирует термоэрозия с образованием широких и мелких чёткообразных русловых форм.

5. Впервые установлено, что на побережье Югорского полуострова в отдельные многоснежные годы термоэрозия и криогенное оползание, спровоцированные таянием снега и нивацией, доминируют среди процессов разрушения берегов. Твердый сток за 13 суток снеготаяния в 3-10 раз превышает вынос материала с Карского побережья за весь теплый период.

6. Разработана методика исследования опасных криогенных и гидрологических процессов при проведении производственного экологического мониторинга при строительстве на многолетнемерзлых грунтах и при предотвращении негативных последствий эрозии и термоэрозии.

#### **Практическая значимость результатов диссертационной работы.**

Результаты находят применение в научно-практических работах на различных стадиях проектирования, эксплуатации и ремонта объектов газодобычи на промыслах и при транспортировке газа по системе магистральных газопроводов. Методы изучения гидрологических и криогенных процессов использованы автором на предприятиях:

ОАО «ВНИПИГаздобыча» г. Саратов при исследовании опасных криогенных процессов по трассе проектируемого магистрального газопровода «Бованенково-Байдарацкая» на полуострове Ямал в 2006 г. и всего Харасавэйского ГКМ в 2008 г.

ООО «Научно-исследовательский центр “Сибирский экологический проект” и ОАО «СибГео» г. Тюмень в рамках выполнения ПЭМ за опасными гидрологическими и криогенными процессами на системе магистральных газопроводов «Заполярное-Уренгой» в 2006 г., ПЭМ криогенных процессов и гидрогеологических явлений на объектах пионерного выхода на полуострове Ямал в районе Байдарацкой губы и Бованенковского месторождения по трассе проектируемого магистрального газопровода «Бованенково-Ухта» в 2008 г. и на самом северном в России участке магистрального газопровода «Бованенково-Ухта» протяженностью 21 км в 2009 г. Проведен ПЭМ автодороги и системы товарного газа на Южно-Русском месторождении, а также выбор площадок для наблюдения за геоэкологическими условиями.

#### **Защищаемые положения**

1. Существует прямая зависимость между площадью бассейнов малых рек и овражностью. Наблюдается тенденция к росту овражности и сокращению заозеренности при увеличении площади бассейнов малых рек.

2. Скорости роста оврагов и мутность потоков, размывающих поверхность на участках техногенных нарушений, на один – два порядка превышают эти параметры в естественных условиях.
3. Термокарст участвует в формировании промоин и оврагов при вскрытии пластовых льдов термоэрозией и его доля составляет 45%.
4. На малых реках Центрального Ямала в верхнем течении доминирует криогенное оползание с образованием запрудных русловых форм, в среднем течении доминирует термокарст с образованием чёткообразных русловых форм и в нижнем течении доминирует термоэрозия с образованием единичных чёткообразных форм, меандр и многорукавности по повторно-жильным льдам.
5. В многоснежные годы термоэрозия и криогенное оползание, спровоцированные таянием снега и нивацией, доминируют среди процессов разрушения берегов, а твердый сток за период снеготаяния во много раз превышает таковой за весь теплый период.
6. Методика проведения производственного экологического мониторинга за опасными экзогенными геологическими процессами для криолитозоны Севера Западной Сибири.

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались на Международной конференции «Освоение Севера и проблема рекультивации» (Сыктывкар, 1991); Всесоюзного симпозиума «Комплексный мониторинг и практика» (Москва, 1991); международных конференциях, проводимых Научным Советом по криологии Земли РАН (г. Пушкино в 1995 г., г. Тюмень в 2004 г., 2006 г., 2008 г., г. Салехард в 2007 г.); Всероссийской научно-технической конференции «Нефть и газ Западной Сибири» (Тюмень, 2007); международных конференциях в г. Фербенксе (США), 2008 г. и г. Вена (Австрия), 2009 г.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 2 статьи в журналах из списка ВАК, 26 статей в материалах конференций, 1 разделе международной монографии. Результаты исследований приведены также в научных и научно-технических отчетах ТюмГНГУ, ИКЗ СО РАН, ООО «Фундаментстройаркос», ОАО «СибГео», (г. Тюмень), ОАО «ВНИПИгаздобыча» (г. Саратов), ООО «Газпром Добыча Надым» (г. Надым).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из четырех глав, введения, заключения, списка литературы. Общий объем работы составляет 192 страницы. Список литературы включает 134 наименования. Диссертация иллюстрирована 39 рисунками и фотографиями и содержит 21 таблицу.

Работа выполнялась под руководством д.г-м.н. М.О. Лейбман (ИКЗ СО РАН), которой автор выражает свою глубокую благодарность за

помощь в написании работы, совместное проведение полевых работ, постановку натуральных наблюдений и предоставленные материалы. Автор искренне благодарит академика В.П. Мельникова за постоянную поддержку в постановке научных задач, за ценные замечания, редакцию рукописей и обсуждение результатов. За полезные замечания, сделанные в процессе работы над рукописью, автор особо признателен заведующему кафедрой СРНГУ В.А. Иванову (ТюмГНГУ), г.н.с. С.М. Фотиеву, в.н.с. Г.В. Малковой (ИКЗ СО РАН). Автор благодарит всех сотрудников ИКЗ СО РАН - участников совместных экспедиций за помощь в полевых исследованиях. Автор глубоко признателен сотрудникам ИКЗ СО РАН д.г.-м.н. Е.А. Слагоде и н.с. А.В. Хомутову за советы и помощь. Автор благодарит директора СНУП ТюмГНГУ-ТюмНЦ СО РАН А.Н. Курчатову и в.н.с. А.В. Бойцова (ТюмГНГУ) за помощь в написании работы. За организационную поддержку и обсуждение результатов работ автор благодарит генерального директора ООО НПО «Фундаментстройаркос» Г.М. Долгих.

### **Содержание работы**

**Во введении** дается обоснование актуальности темы, поставлены цель и задачи исследований, рассмотрены методы проведения работ и научная новизна, а также практическая значимость работы.

### **Глава 1. Гидрологические характеристики рек Центрального Ямала**

Исследования термоэрозии ведутся с середины прошлого века преимущественно в интенсивно осваиваемых регионах. Термоэрозия в криолитозоне достаточно изученный процесс при рассмотрении временных русловых потоков и является результатом одновременного воздействия теплового и механического воздействия воды на породы [Термоэрозия..., 1982; Данько, 1980; Пармузин, 1995; Основы геокриологии, 2001]. Определены механизм и динамика процесса в различных климатических условиях и лабораторными методами. Имеется классификация направлений изучения термоэрозии [Малиновский, 1982]. Термоэрозия на Ямале рассмотрена в работах Б.Ф. Косова, Г.С. Константиновой [1973], Д.В. Малиновского [1980], В.К. Данько [1982], В.Л. Познанина и Суходольского [1996], А.Ю. Сидорчука [1999], К.С. Воскресенского [2001] и других исследователей.

Известно, что система водных потоков состоит из трех звеньев (рис. 1), представленных нерусловыми, временными русловыми и постоянными русловыми потоками [Маккавеев, 1955]. Для зоны распространения ММП характерно, что из целостной системы водных потоков наиболее изученными являются потоки среднего звена, участвующие в оврагообразовании, имеющем на Центральном Ямале ярко выраженное

термозрозионное происхождение. В литературных источниках сток наносов и русловые процессы в постоянных русловых потоках оценивается как аналогичный для территорий вне зоны ММП, что далеко не всегда согласуется с данными, полученными в результате краткосрочных режимных наблюдений и экспедиционными методами.

Распределение речной сети на полигоне «Васькины Дачи» (Центральный Ямал), выбранном в качестве ключевого участка, имеет ряд особенностей. Длина временной русловой сети превышает длину притоков первого порядка с постоянным стоком воды в 2,3 раза, а их количество больше в 3 раза. Большая часть временных русловых потоков объединена в овражно-балочные системы. Из 64 оврагов 36 образуют системы, в которых сосредоточено 75 % от общей длины всех оврагов.

Заозеренность на полигоне изменяется в большом диапазоне в зависимости от высотного положения бассейна реки. В бассейне р. Се-Яха количество озер в 2,4 раза больше, чем в бассейне р. Морды-Яха. При этом средняя площадь отдельно взятого озера в бассейне р. Се-Яха в 6 раз меньше. С увеличением высоты водосбора происходит увеличение количества озер при уменьшении их площади. На территории полигона доля проточных озер составляет 31-36 %. Это превышает аналогичную величину заозеренности на Бованенковском месторождении более чем в 2 раза, для которого определено максимальное количество проточных озер для всей Арктики [Романенко, 1997].

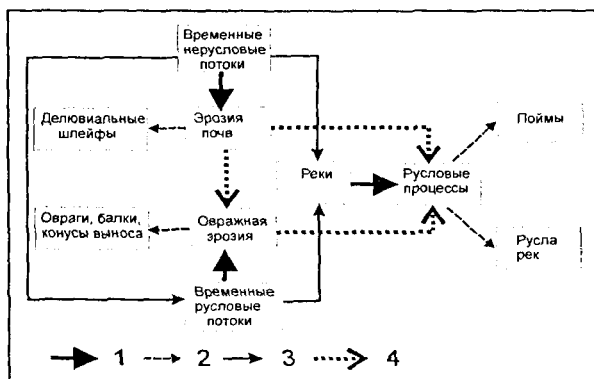


Рис. 1. Структура эрозионно-аккумулятивных процессов и ее связь с типами водных потоков (1), создаваемыми ими формами рельефа (2) и направленностью перемещения воды (3) и твердого вещества – наносов (4). По Н.И. Маккавееву, (1955), Р.С. Чалову (1999).

Между заозеренностью и овражностью на полигоне «Васькины Дачи» была выявлена обратная зависимость, при увеличении заозеренности уменьшается овражность и наоборот. Подобная зависимость отмечена и при сопоставлении заозеренности и овражности относительно площади водосборов малых рек. С увеличением площади водосборов

заозеренность уменьшается, а овражность увеличивается. При сохранении положительной зависимости между овражностью и площадью водосборов главных рек, заозеренность и площадь водосборов находятся в обратной зависимости.

## **Глава 2. Гидрологические характеристики оврагов Центрального Ямала**

Овражная эрозия, характерная для полуострова Ямал и, в частности, для Бованенковского ГКМ, имеет две особенности, связанные с близким залеганием пластовых льдов. Первая состоит в своеобразном механизме эрозионного процесса в русле оврага (термоэрозия), вторая - в специфическом развитии процессов, формирующих овражные склоны (криогенное оползание).

Исследованы скорости роста оврагов. Установлено, что в естественных условиях прирост оврагов вершиной не превышает 1 м в год. Проезд транспорта вблизи верховьев оврагов увеличивает их прирост до 7 м в год. Размыв песчаных отсыпок в верховьях оврагов достигает 5 м за одни сутки даже при морозящих дождях. Криогенные оползни техногенного происхождения, сошедшие в верховьях оврагов, провоцируют их прирост до 60 м в год.

Измерена мутность потоков, размывающих оголенные поверхности. В зависимости от интенсивности дождя, при малых расходах воды, мутность потоков колеблется от 10 до 100 г/л, то есть в 10 раз. При увеличении расходов воды до 400 г/л колебания мутности достигают 2 порядков (от 1 г/л до 300 г/л). Это объясняется периодическим достижением водными потоками ММП, что приводит к резкому уменьшению размываемости, а следовательно, и мутности.

Перемещение и вынос материала оттаивающих ММП с пластовыми льдами при образовании оврагов и промоин происходит за счет твердой и жидкой составляющих. Твердая фаза представлена песками и глинами, в жидкую фазу переходят вытаивающие пластовые льды. Перенос материала происходит горизонтально (в виде стока) и вертикально (за счет осадки пород при вытаивании внутригрунтовых льдов). Выделены зоны ближнего и дальнего переноса. На ближний перенос с образованием конуса выноса приходится 40% от объема общего выноса твердой фазы, на дальний - 15%. Оставшаяся часть объема отрицательной формы (45%) приходится на перемещение породы вертикально вниз за счет тепловой осадки. Следовательно, промоины и овраги обязаны своим образованием на 45% термокарсту, а не эрозии и термоэрозии.

Проанализирована смена состояний активизации и стабилизации термоэрозии во времени в зависимости от начала разрушения или

уничтожения почвенно-растительного покрова. Развитие процессов водной эрозии на фоне активизации криогенных склоновых процессов в период интенсивного промышленного освоения в 1987-88 гг. привело к образованию большого количества размывов, промоин, отдельных оврагов и овражных систем. В 1989-90 гг., то есть через 3-4 года, начались процессы стабилизации, отмечена тенденция уменьшения мутности потоков на порядок и, соответственно, расходов взвешенных наносов на эту же величину, что явилось следствием уменьшения или прекращения техногенных нагрузок.

### **Глава 3. Парагенез гидрологических и криогенных процессов**

Парагенез гидрологических и криогенных процессов особенно ярко проявляется при исследовании чёткообразных русловых форм, которые характеризуют плановые очертания русел, берегов, долин рек, озёр, образующих в плане сопряженное чередование расширенных и зауженных участков [Соколов А.А., 1952, Вейсман, 1978, Колобовский, 2006]. Широко известны чёткообразные коленчатые русла, формирующиеся на участках пересечения близко залегающих повторно-жильных льдов [Дроздов, 2004; Хименков, Брушков, 2006; Brown, 1970; Ferrains et al., 1969; Hopkins and Karlstrom, 1955; Lawson and Brown, 1978; Pewe, 1954; Van Everdingen, 1998]. На севере Западной Сибири чёткообразные русловые формы (ЧРФ) являются результатом взаимодействия комплекса гидрологических и криогенных процессов, ведущим из которых является термокарст, увеличивающий ширину и глубину русла в зависимости от мощности полигонально-жильных льдов (ПЖЛ). Расстояние между ЧРФ определяется размерами полигонов, по которым протекает река.

Основное регулирующее влияние ЧРФ на гидрологический режим модельной реки Панзананаяха (Центральный Ямал) оказывается через объем воды, вмещающийся в них суммарно на всем протяжении реки. За счет зарегулированности стока происходит замедление водо- и теплообмена в гидрографической сети, поскольку вода удерживается в ЧРФ.

Всего в русле р. Панзананаяха выявлено 236 ЧРФ, связанных с проявлением термокарста. В верхнем течении их насчитывается 17, что составляет 7% от общего количества. В среднем течении сосредоточено максимальное количество ЧРФ – 125, что соответствует 53% от их общего числа. В нижнем течении насчитывается 94 ЧРФ или 40% от общего числа.

Гидрологические измерения и расчеты показывают, что максимальное время водообмена, как характеристики зарегулированности стока, наблюдается в среднем течении, минимальное - в верхнем. В верхнем течении время водообмена за счет ЧРФ в летнюю межень 2005 г.

в 9 раз больше по сравнению с гипотетическим (рассчитанным из гипотетического объема воды в русле без ЧРФ), в среднем течении - в 36 раз и в нижнем течении - в 21 раз.

Особенностью малых рек Центрального Ямала является сильная зарегулированность стока за счет ЧРФ в их руслах. Сравнение наших данных с полученными Л.И.Вейсманом [1978] показывает, что в отличие от подзоны лесотундры, в тундровой зоне на Центральном Ямале влияние термокарста на русла малых рек, протекающих по породам, вмещающим ПЖЛ, является ведущим криогенным процессом. По результатам наблюдений ни один из криогенных процессов, кроме руслового термокарста в виде ЧРФ, не прослеживается по всей реке от верхнего течения до нижнего.

Парагенез криогенных и гидрологических процессов проявляется и на Арктических побережьях. Исследования, проведенные на Югорском полуострове весной-летом 2007 г. показали, что термоэрозия и криогенное оползание, спровоцированные таянием снега, доминировали среди процессов разрушения берегов (табл.1). Установлено, что среди факторов, влияющих на береговую деструкцию, значительную, а подчас и ведущую роль наряду с летней температурой воздуха и волнением играют зимние атмосферные осадки. Полевые наблюдения и расчеты дают возможность количественно оценить климатические условия, благоприятные для доминирования разных деструктивных процессов. Опубликованные в литературе оценки выноса материала в море при отступании берегов Арктических морей должны уточняться с учетом вновь полученных фактических измерений доли термоэрозии в переносе осадка.

Таблица 1. Объем осадка, перенесенного с участка побережья Югорского полуострова в зону пляжа в результате термоэрозии и криогенного оползания за 9-21 июля 2007 г.

Ключевые участки	Осадок потоков, м <sup>3</sup>		Объем осадка в оползневых телах, м <sup>3</sup>	Суммарный объем осадков, м <sup>3</sup>	Удельный объем осадков м <sup>3</sup> /км
	Водных	Грязевых			
Первая Песчаная	2051	1173	3770	6994	6977
Шпиндлер	4718	4843	6010	15570	10111
Сумма	6769	6016	9780	22564	8544
%	30	27	43	100	
Объем осадка аккумулятивных форм на протяжении 27 км				74868	2773

#### **Глава 4. Методика производственного экологического мониторинга на основе обобщения опыта противозрозионных работ**

Производственно-экологический мониторинг в части обеспечения противозрозионных мероприятий разработан в процессе обследования существующих линейных сооружений. Различают два основных вида мероприятий по защите почв и грунтов от эрозии: увеличивающие противозрозионную устойчивость почв и грунтов, а также уменьшающие мощность эродирующего воздействия потока воды [Заславский, 1987; Лопырев, Рябов, 1989; Толчельников, 1990; Румянцев, 2008; Колтунов, 1989; Природообустройство, 2008; Каштанов, Заславский, 1984]. Наибольший эффект дает сочетание этих мероприятий. Опыт проведения противозрозионных работ на севере Западной Сибири в зоне сплошного распространения ММП показывает, что не всегда расчетные характеристики конструкций и опыт проведения подобных мероприятий в более южных регионах вне зоны распространения ММП могут быть применены в условиях криолитозоны.

По результатам ПЭМ на магистральных газопроводах (МГ) Севера Западной Сибири можно заключить, что периоды строительства, начального периода эксплуатации и основного периода эксплуатации характеризуются различными площадями затопления и подтопления, которые тесно связаны с эрозионными и термоэрозионными процессами.

В целом во времени процесс затопления и подтопления состоит из трех этапов:

- первый – первоначального наполнения и поглощения части вод пустотами и полостями в грунтах траншеи МГ;
- второй – достижения максимального уровня вод и полного заполнения отрицательных форм рельефа водами половодья и дождевыми водами;
- третий – уменьшения площадей затопления и подтопления на некоторых участках за счет сброса части вод в результате поперечных размывов вала и размывов технологического проезда параллельно МГ.

В результате изучения межгодовой динамики экзогенных геологических процессов и гидрологических явлений на МГ Севера Западной Сибири выявлено:

- эрозионные процессы наиболее активны в первые два-три года после техногенных воздействий на исходные (фоновые) ландшафты;
- прирост длины техногенных оврагов на наиболее эрозионно-опасных участках за один год в среднем составляет 50-70 м, наибольшие значения составляют 150-200 м/год. Эти величины являются максимальными для Севера Западной Сибири.

На основании выявленных закономерностей функционирования природно-техногенных систем установлено, что для предотвращения опасных криогенных и гидрологических процессов на стадии строительства и начального периода эксплуатации необходимо соблюдение следующих требований:

- оптимальные условия строительства соответствуют периоду полного завершения снеготаяния и протаивания захороненных снежников и льда на предполагаемом месте строительства;
- соблюдение технологии строительства заключается в использовании для элементов основания конструкций оттаявших грунтов. При использовании мерзлых грунтов необходимо, чтобы состав грунтов был мелкодисперсным с минимумом пустот. Необходимо исключить попадание снега и льда в состав грунтов, применяемых для строительства конструкций;
- предварительная подготовка и расчистка поверхностей от снега и льда необходима при сроках строительства конструкций ранее периода полного завершения снеготаяния и протаивания захороненных снежников и льда;
- при строительстве противэрозионных и противотермокарстовых конструкций необходимо использование элементов теплозащиты ММП. Условия теплозащиты необходимо соблюдать наряду с эластичностью конструкции для наследования изменений в рельефе при осадках и, в особенности при просадках. Последнее условие необходимо для предотвращения подмывов конструкций и их разрушения;
- использование подземного способа прокладки магистральных газопроводов на склонах необходимо сопровождать строительством водопропускных и дренажных сооружений;
- при проходе магистральных газопроводов по склонам с сильнольдистыми ММП, повторно-жильными льдами и, в особенности с пластовыми льдами, наиболее обоснованным является надземный способ прокладки.

Следует признать необходимость и обоснованность строительства всех типов конструкций, которые надежно защищают вал МГ от эрозии даже при условии возникновения значительных деформаций в процессе эксплуатации. Вместе с тем необходимо дальнейшее планомерное соблюдение требований по сохранению фоновых ландшафтов, которые надежно защищают естественную природную среду от деструктивных экзогенных геологических процессов. Одним из инструментов для определения степени влияния техногенных факторов на природную среду и преобразования различных природных компонентов является проведение

режимных наблюдений на ключевых участках и площадках совместно с производственным экологическим мониторингом.

### **Выводы**

Анализ литературных и фондовых данных, проведенные полевые, камеральные и лабораторные исследования гидрологических и криогенных склоновых процессов позволили автору сделать выводы, определяющие теоретическое и практическое значение работы:

1. Установлено, что на междуречье рр. Се-Яха и Морды-Яха длина овражно-балочной сети превышает длину речной сети более чем в 2 раза и количество рек в 3 раза. Большая часть (75%) временных русловых потоков объединена в овражно-балочные системы.

Суммарная длина притоков с постоянным русловым стоком в бассейнах малых рек напрямую зависит от площади водосбора и его заозеренности. При увеличении заозеренности длина временной русловой сети резко сокращается. Между площадью бассейнов малых рек и овражностью выявлена положительная зависимость. Обратная зависимость выявлена между площадью бассейнов и заозеренностью.

С увеличением высоты водосбора происходит увеличение количества озер при уменьшении их площади.

2. Установлено, что на Бованенковском месторождении при проездах транспорта вблизи оврагов их прирост увеличивается в 7 раз. Криогенные оползни техногенного происхождения имеют объем в десятки раз больше, чем естественные в аналогичных условиях и увеличивают прирост оврагов также в десятки раз. При периодическом увеличении расходов воды и достижении водными потоками кровли ММП происходит резкое уменьшение мутности потоков.

3. Образование оврагов и промоин на участках с пластовыми льдами происходит при горизонтальном (в виде стока) и вертикальном (за счет осадки пород при вытаивании внутригрунтовых льдов) переносе материала. Почти половина объема отрицательной формы (45%) приходится на перемещение породы вертикально вниз за счет тепловой осадки. Эта величина соответствует доле термокарста в формировании оврагов и промоин..

4. Установлено, что формирование чёткообразных русловых форм на различных участках реки определяется комплексами криогенных процессов, ведущими из которых являются криогенное оползание в верхнем течении рек, термокарст - в среднем течении и термоэрозия – в нижнем. Наиболее динамичные и сложные комплексы процессов характерны для верхнего течения рек с периодической активизацией криогенных оползней скольжения. Термокарстовый комплекс образуется в

среднем течении, где активность склоновых процессов снижена. Термоэрозионно-термокарстовый комплекс формируется в нижнем течении как результат наибольшей в русле водности потока и вследствие этого доминирования термоэрозии и русловых процессов над термокарстом.

5. Изучено взаимодействие гидрологических и криогенных процессов на побережье Карского моря. Установлено, что среди факторов, влияющих на береговую деструкцию, значительную, а подчас и ведущую роль наряду с летней температурой воздуха и волнением играют зимние атмосферные осадки. В многоснежные годы термоэрозия и криогенное оползание, спровоцированные таянием снега, доминируют среди процессов разрушения берегов.

6. Установлены закономерности проявления опасных экзогенных геологических процессов в естественных и техногенных условиях, что позволило разработать методику наблюдения и контроля за эрозионными и термоэрозионными процессами и парагенетически связанными с ними криогенными процессами в зоне сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород для системы производственного экологического мониторинга.

Таким образом, взаимосвязь криогенных и гидрологических процессов важный, а в отдельные периоды определяющий фактор в формировании бассейнов малых рек и темпов отступления морских берегов Карского моря. Поэтому, понимание взаимосвязей этих процессов дает возможность более обоснованного подхода к освоению и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и при прокладке линейных объектов на Севере Западной Сибири.

**Основные результаты исследований опубликованы в:** 2 статьях в журналах из списка ВАК, 24 статьях в материалах конференций, 1 разделе международной монографии.

Статьи в журналах из списка ВАК:

1. Вклад термоэрозии и термоденудации в отступление берегов Югорского полуострова // Доклады академии наук. 2008. Т. 423, №4., с.543–545. (соавторы М.О. Лейбман, В.П. Мельников, А.В. Хомутов).
2. Четкообразные русловые формы как свидетельство парагенеза криогенных и гидрологических процессов в долинах малых рек на Центральном Ямале // Криосфера Земли, 2010, том XIII. №1. (Соавтор М.О. Лейбман).

Основные статьи в материалах конференций

1. Гидрогенная динамика на Центральном Ямале (полигон «Васькины Дачи») // Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз

- ее изменения: Материалы Международной конференции. Т. 1.-Тюмень: ТюмГНГУ, 2006, с.11-13. (соавторы М.О. Лейбман, О.В. Коростелева).
2. Динамика криогенных и гидрологических процессов на малых водосборах Центрального Ямала // Нефть и Газ Западной Сибири: Материалы всероссийской научно-технической конференции. Т. 2. - Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2007, с. 221-224.
3. Оценка динамики криогенных процессов и условий их развития в зоне магистрального газопровода Бованенково-Байдарацкая // Криогенные ресурсы полярных регионов Материалы Международной конференции. Т. 1.- Салехард: ТюмГНГУ, 2007, с. 196-200. (Самсонова В.В., Брушков А.В., Устинова Е.В.).
4. Coastal Processes at the Tabular-Ground-Ice-Bearing Area, Yugorsky Peninsula // Proceeding of 9<sup>th</sup> International Conference on Permafrost (2008), Uni. of Alaska, Fairbanks, 1037-1043, (соавторы М. Leibman, A. Khomutov, A. Kizyakov, and B. Vanshtein).
5. Interrelation of Cryogenic and Hydrologic Processes on Small Streams and Catchments of Central Yamal // Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost University of Alaska Fairbanks June 29–July 3, 2008, 563-569. (М.О. Leibman).
6. Contribution of lateral thermoerosion and thermodenudation to the coastal retreat at Yugorsky Peninsula, Russia // Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-1785, 2009, EGU General Assembly 2009, (соавторы М. Leibman, A. Khomutov).

Подписано в печать 20.11.09. Формат 60x90 1/16. Усл. Печ. Л. 1,0  
Тираж 100 экз. Заказ № 370

---

Издательство государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет»  
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38  
Отдел оперативной полиграфии издательства.  
625039, г. Тюмень, ул. Киевская, 52