

ДЕГРАДАЦИЯ И ОХРАНА ПОЧВ В РАЙОНАХ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А.В. Баранов, В.Я. Григорьев¹, Н.Л. Якушев, К.Л. Унаниян²
1 – МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 – ООО «Газпром ВНИИГаз»
e-mail: o_napolov@gwise.vniigaz.gazprom.ru

Развитие Западно-Сибирского территориально-производственного комплекса является важной задачей экономики на ближайшие десятилетия. Освоение природных ресурсов Западной Сибири, особенно месторождений нефти и газа в ее северных районах, требует дальнейшего уточнения знаний о природных условиях этой территории, нарушениях почвенного и растительного покрова, неизбежно возникающих при обустройстве и эксплуатации месторождений углеводородов, строительстве магистральных газопроводов, дорог и других видов хозяйственных объектов. Назрела острая необходимость оценки деградации почвенно-растительного покрова и разработки мер по ее предупреждению. На данном этапе решение этой задачи возможно на основе качественно-количественного анализа имеющихся результатов исследований почвенно-растительного покрова.

Основные виды техногенной нагрузки на почвенно-растительный покров

В общем виде [1, 2] основные положения проблемы оценки техногенных воздействий и их последствий могут быть сформулированы с учетом имеющихся общетеоретических разработок и опыта экологических исследований в осваиваемых районах криолитозоны. В методологическом плане следует подчеркнуть принципиальную разницу между понятиями «воздействие» и «нарушение». Под нарушениями понимаются качественные и количественные преобразования компонентов экосистем и, в частности, основного из них – почвенно-растительного покрова.

По степени нарушения естественной структуры экосистем (в основном почв и растительности) выделены (в порядке уменьшения) четыре группы территорий:

I группа – практически полная трансформация структуры: поверхностные отложения удалены или перемещены, мезо- и микрорельеф полностью изменены, почвы и растительный покров уничтожены;

II группа – сильная трансформация структуры: поверхностные отложения не затронуты; мезо- и микрорельеф практически не изменены или частично спланированы;

почвы не изменены или изменены незначительно; естественная растительность уничтожена полностью или частично;

III группа – слабое изменение структуры: периодическим воздействиям подвергается только растительность; возможно частичное изменение видового состава последней, незначительные изменения микрорельефа и характеристик почвенного покрова;

IV группа – фактически неизменная естественная структура. К этой группе относятся территории, непосредственно не затронутые хозяйственной деятельностью, хотя для них не исключаются нерегулярные воздействия и незначительное загрязнение, обусловленное техногенными выбросами.

Наблюдаемые после прекращения воздействия качественные и количественные преобразования компонентов экосистем расцениваются не как нарушения, а как вторичные по отношению к ним процессы, приводящие либо к деструктивным изменениям (иногда вплоть до полного разрушения), либо к восстановлению компонентов.

Следовательно, изучение техногенных воздействий и их последствий должно базироваться на анализе системы «воздействие – нарушение – процесс».

В общем виде техногенные воздействия подразделяются на механические, тепловые и химические, а также пирогенные.

По охвату территории эти нарушения являются: точечными, линейными, линейно-площадными и площадными.

При освоении газовых и нефтяных месторождений, а также при проведении разведочных и строительных работ в пределах криолитозоны наблюдается активизация эрозионных и термоэрозионных процессов [3]. Разнообразные техногенные воздействия, преимущественно механические, приводят к увеличению площади деградированной тундры. Нарушенные почвогрунты, лишённые растительного покрова и верхнего органогенного горизонта почвы, характеризуются низкой противэрозионной устойчивостью и легко подвергаются воздействию разрушительных процессов. Происходит изменение микрорельефа, характера снегоотложения, перераспределения поверхностного дождевого и талого стока.

Важнейшей особенностью тундровых почв является обособленность органогенного горизонта от лежащего ниже минерального горизонта. В органогенных горизонтах

концентрируются корневые системы, микрофлора и мезофауна, здесь наблюдается максимальное содержание азота, фосфора, калия. Биогенный круговорот замыкается в слое мощностью не более 10–15 см. С этим связана уязвимость тундровых почв. Механические нарушения уничтожают органогенные горизонты, выводят на поверхность малоплодородные и токсичные грунты, активизируют эрозионные и другие деструктивные процессы.

Наибольшие механические нарушения почвенно-растительного покрова происходят на этапе строительства инженерных объектов. Почвенно-растительный покров может быть полностью разрушен на участках, отведенных в постоянное пользование: на площадках промышленных объектов, жилых комплексов, по дорогам и их обочинам, в пределах трасс газопроводов, уложенных в грунт, на карьерах, в основании сооружений (кустов буровых, опор ЛЭП и проч.).

Анализ нарушений на Бованенковском газовом месторождении показывает, что 90% из них являются результатом механического повреждения почвенно-растительного покрова.

Причинами активизации деструктивных процессов (эрозии, термоэрозии, солифлюкции, быстрые сплывы) являются, с одной стороны, изменения противозерозионной стойкости и водно-тепловых условий почвенно-растительного покрова в результате его механического разрушения, обводнения и осушения и, с другой стороны, резкое изменение условий формирования поверхностного и внутрипочвенного стока вследствие уничтожения микрорельефа и появления дополнительных источников стока. Часто эти изменения способствуют резкой активизации деструктивных процессов на склонах не только на нарушенных площадях, но и далеко за их пределами.

Несмотря на разнообразие техногенных воздействий, результирующая их влияния сводится к определенным видам воздействий и сопутствующим им процессам (табл. А.1). Такую схематизацию следует считать условной, так как практически все основные виды нарушений, а тем более процессов, взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Практический опыт освоения криолитозоны свидетельствует, что сопутствующие нарушениям процессы могут способствовать как ускорению самовосстановления почвенно-растительного покрова, так и дальнейшей его деградации. Под деградацией следует понимать ухудшение свойств почв и снижение продуктивности почвенно-растительного покрова. Соотношение интенсивности процессов деградации и

самовосстановления определяет необходимость рекультивации почвенно-растительного покрова. Поэтому выбор и рекомендации видов и способов рекультивации должны быть основаны на интегральной количественной оценке соотношения процессов деградации и самовосстановления почвенно-растительного покрова. На данном этапе оценка степени деградации и интенсивности восстановления почвенно-растительного покрова, а также возможности его рекультивации проводится на качественно-полуколичественном уровне. Из табл. А.1 (Приложение А) видно, что для большинства сочетаний нарушений и сопутствующих процессов необходима инженерная и биологическая рекультивация почвенно-растительного покрова.

Большинство исследователей выделяют три вида деградации почв.

Физическая деградация – ухудшение физических и водно-физических свойств почв, нарушение почвенного профиля.

Химическая деградация – ухудшение химических свойств почв, истощение запасов питательных элементов, вторичное засоление и осолонцевание, загрязнение токсикантами.

Биологическая деградация – сокращение видового разнообразия микроорганизмов и нарушение оптимального соотношения их видов, загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, ухудшение санитарно-эпидемиологических показателей.

Основные виды воздействия на экосистемы (почвы), приводящие к возникновению деградационных явлений при хозяйственном освоении криолитозоны, можно представить в виде схемы (рис. 1).

В частности, для севера Западной Сибири рядом исследователей описаны основные типы деградационных изменений почвенно-растительного покрова [4, 5]:

- частичное уничтожение растительности в результате разового проезда транспорта (естественная растительность покрывает более половины площади); уплотнение и частичный разрыв тундрового войлока или лесной подстилки;
- уничтожение большей части растительного покрова и подстилки (войлока) за счет многократного прохождения транспорта;
- снятие растительного покрова, удаление верхних органогенных горизонтов почвы, нарушение микрорельефа (расчистка территории бульдозером);
- погребение естественного растительного покрова в результате навалов;
- механическое нарушение всего почвенного профиля при экскавации и переотложении грунта.

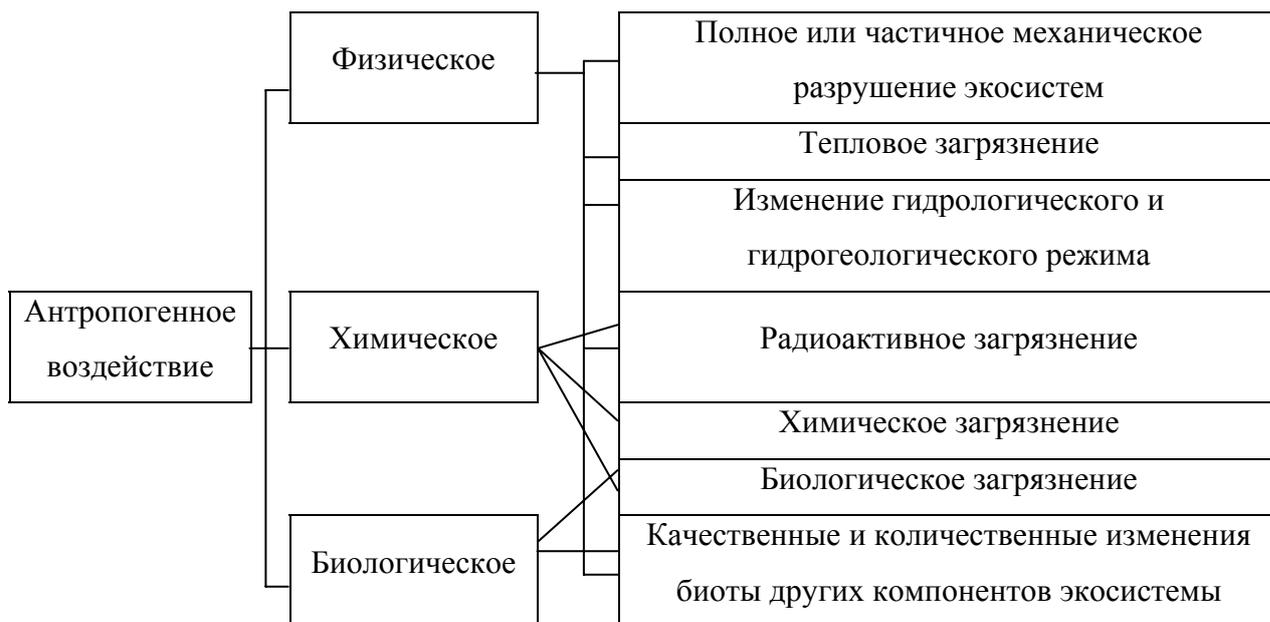


Рис. 1. Основные виды антропогенного воздействия на экосистемы

При нарушениях только в пределах верхнего органогенного горизонта подстилки, торфяного горизонта и сохранении его фрагментов почвы обладают способностью сравнительно быстро восстанавливать исходный профиль, поэтому их можно отнести к слабодеградированным (табл. 1). Если нарушения коснулись уже средней части торфянистой толщи или гумусоаккумулятивного горизонта в элювиально-глеевых почвах, то почвы относятся к среднедеградированным. Эти участки значительно легче, чем почвы первой группы. Они подвергаются эрозионным процессам, труднее восстанавливаются, термоизолирующая способность их верхних горизонтов существенно снижена. Однако даже незначительные фрагменты гумусоаккумулятивных или торфяных горизонтов создают предпосылки для возобновления растительности. При полной ликвидации верхней части профиля и выходе на дневную поверхность песчаных иллювиальных и глеевых горизонтов или материнской породы создаются крайне неблагоприятные условия для их последующего закрепления растительностью, поэтому они относятся к сильнодеградированным.

Таблица 1

Классификация почв северо-таежных редколесий Западной Сибири по степени устойчивости к деградации

Степень устойчивости почв к деградации	Почвы
Устойчивые	Торфяная болотная ложбин стока
	Торфяно- и торфянисто-глеевая болотная
	Остаточно-торфяная торфяных бугров
Слабоустойчивые	Торфянисто-элювиально-глеевая
	Пойменная перегнойно-глеевая
Неустойчивые	Подзолистая
	Элювиально-глеевая
	Пойменная дерновая слаборазвитая

Самым важным фактором, определяющим степень устойчивости почв к деградации в мерзлотных регионах, является наличие льда в почвенно-грунтовой толще: его количество, качество, характер залегания [6]. Высокая льдистость почв и грунтов, наличие различных форм подземного льда при механических нарушениях поверхности и изменении теплового режима способствуют более активному проявлению таких процессов, как термокаст, солифлюкция (сползание грунта по склонам), пучение. В настоящее время предложено несколько систем классификации мерзлотных грунтов по их устойчивости, учитывающих льдистость, наличие повторно-жильных (ПЖЛ) и других типов льдов разной мощности [7].

Так, при нулевой льдистости («сухая мерзлота») освоение территории возможно без какого-либо учета мерзлотности; если льдистость менее 20% – ее учет необходим; при льдистости 20–40% освоение региона должно осуществляться с учетом мерзлотного состояния; при льдистости 40% мерзлота должна быть сохранена. При мощности подземных льдов до 1 м территория не чувствительна к освоению, при мощности 1-2 м – слабо чувствительна, при мощности 2-3 м – средне чувствительна, более 4 м (мощные льды) – территория сильно чувствительна к хозяйственному использованию.

Более подробно деградация и сопутствующие деструктивные процессы проиллюстрированы в Приложении Б.

Самовосстановление почвенно-растительного покрова

До сих пор недостаточное внимание уделяется самовосстановлению почвенно-мерзлотных комплексов. Искажение или уничтожение исходного микро- и нанорельефа практически исключает восстановление естественного почвенного покрова [8, 9]. Если же он сохранен, то формирование растительного и почвенного покровов идет достаточно быстрым темпом. Наши наблюдения показали, что характер и степень нарушенности территории связаны со структурой нарушаемого почвенного покрова и генетическими особенностями почв, входящими в его состав, степенью их устойчивости к техногенным воздействиям, способностью восстанавливать нарушенный растительный покров и почвенный профиль.

Установлено, что возобновление почв тесно связано с восстановлением растительного покрова. На севере Западной Сибири быстрее всего восстанавливаются травяно-моховые болота, в которых при нарушениях почвенного покрова усиливается заболоченность, медленнее восстанавливаются кустарничково-лишайниковые ассоциации на плоских торфяниках. На залесенных буграх и грядах, сложенных мерзлыми песками, после вырубki леса, уничтожения кустарников и снятия торфяного горизонта растительный покров практически не восстанавливается, и для возобновления растительности необходимо использовать специальные приемы [10–12].

На достаточно обеспеченных влагой почвах выделяются определенные периоды развития растительности: 1 – поселение злаков; 2 – интенсивное развитие злаков; 3 – угнетение злаков; 4 – вытеснение злаков коренными сообществами; 5 – стабилизация коренных сообществ. Длительность периода до начала угнетения злакового сообщества 8–13 лет. Формирование коренных сообществ и близких по морфологии почв наблюдается спустя 40–50 лет.

В условиях предельного избыточного увлажнения динамика самовосстановления тундровой растительности представлена следующими периодами: 1 – поселение пушиц и осок; 2 – интенсивное их развитие; 3 – формирование (в течение 15-20 и более лет) и стабилизация коренных болотных сообществ.

Дальнейшие исследования продуктивности растительного покрова (в частности, надземной биомассы) позволят провести аналитическое описание динамики процесса самовосстановления и решить ряд практических задач (см. Приложение В).

Поэтому при проектировании мероприятий и сооружений инженерной защиты следует соблюдать требования природоохранного законодательства РФ, а также нормативных документов, действующих на момент начала проектирования.

Главным принципом защиты следует считать деятельность, направленную на сохранение почвенно-мерзлотных комплексов и растительного покрова на водосборах или на создание техногенных аналогов естественных комплексов [13–15].

При планировании мероприятий по инженерной защите необходимо учитывать то, что объекты газодобывающего комплекса в период строительства обуславливают техногенные воздействия, приводящие к активизации опасных мерзлотных процессов, а в период эксплуатации могут способствовать развитию опасных для их функционирования процессов.

Степень значимости техногенных предпосылок развития и активизации опасных мерзлотных процессов определяется также пространственными и теплофизическими (наличие тепловыделения) параметрами (табл. Г.1, Приложение Г) объектов газодобывающего комплекса (ГДК).

Количественная характеристика опасности мерзлотных процессов в различных типах природно-технических комплексов (ПТК) Крайнего Севера приводится в табл. Г. 2 (Приложение Г).

Согласно степени опасности проявлений в настоящее время разработан комплекс специальных технических решений по инженерной защите осваиваемых территорий криолитозоны.

В общем виде состав рекомендуемых технических решений по инженерной защите приведен в табл. Г. 3 (Приложение Г).

Рекультивация нарушенного почвенно-растительного покрова

Уже на стадии проектно-изыскательских работ и позже, при сооружении объектов добычи и транспорта углеводородов, неизбежно происходит механическое нарушение естественного почвенно-растительного покрова. Между тем процессы естественного самовосстановления нарушенных почв и растительности тундр протекают чрезвычайно

медленно – десятки, а иногда и сотни лет. В связи с невозможностью обеспечить полную сохранность природных ландшафтов при строительстве и эксплуатации месторождений встает задача рекультивации нарушенных земель.

В настоящее время применяются методы технической и биологической рекультивации и система инженерных решений.

Рекультивация нарушенных земель основывается на результатах исследований, в задачу которых входит: выявление изменений растительного и почвенного покрова в процессе антропогенного нарушения; изучение закономерностей естественного восстановления растительности; определение необходимости и возможности биологической рекультивации земель; подбор ассортимента видов злаков для рекультивации, испытание их непосредственно на территории нефтегазовых месторождений; разработка агротехнических приемов с учетом зональных особенностей, степени повреждения почв и их загрязнения.

Для разработки технологий рекультивации почвенный покров разделен на три категории.

Слабая категория – нарушено менее 30% почвенного покрова, органогенные горизонты почв смяты, уплотнены, частично содраны или перемешаны с нижележащими глеевыми горизонтами. Такие нарушения доминируют на периферии промузлов и в основном связаны с проездами внедорожного транспорта.

Средняя категория – нарушено 30–50% поверхности почв. Растительный покров и торф перемешаны с глеевыми горизонтами на глубину до 30 см. Глубина оттаивания увеличивается в 1,5 раза. Причины: планировка поверхности, многократные проходы транспорта.

Сильная категория – нарушено до 90–100% поверхности почвы, перемешаны с глеем и уничтожены верхние горизонты, на поверхность выходят почвообразующие породы. Глубина оттаивания увеличивается в два раза.

Для рекультивации каждой из категорий почв разработаны следующие технологические приемы:

1. Без рекультивации (самозарастание);
2. Уборка строительного-монтажного мусора;
3. Планировка поверхности;
4. Организация поверхностного стока;

5. Организация надмерзлотных вод;
6. Внесение латекса и других клеящих реагентов;
7. Закрепление овражных тальвегов, склонов, засыпка промоин, оврагов;
8. Теплоизоляция почв;
9. Предпосевная основная обработка почв;
10. Внесение минеральных удобрений;
11. Внесение извести;
12. Внесение торфа и других органических веществ;
13. Глинование песков, внесение структурообразующих веществ;
14. Пескование глин;
15. Посев травянистых смесей;
16. Закрепление семян латексом.

Обобщенные материалы позволяют составить перечень приемов биологической рекультивации [16]:

- Искусственное создание растительного покрова за счет посева многолетних трав преимущественно местных видов с предварительным внесением органических (торф, сапропель, навоз) и минеральных удобрений.
- Интенсификация естественного восстановления растительности путем внесения удобрений на заросшие участки для улучшения плодоношения растений и возрастания числа зрелых семян.
- Внесение на оголенные участки минеральных удобрений, стимулирующих разрастание корневищных злаков.
- Закрепление песков техногенных песчаных арен многолетними злаками, бобовыми и некоторыми древесными растениями.
- Пересадка дернины, культур растений в контейнерах, гидропосев трав для закрепления отвалов и насыпей.

В настоящее время биологическая рекультивация осуществляется двумя способами:

- путем активизации естественного зарастания;
- путем специального посева многолетних трав.

Активизация естественного зарастания проводится в местах, где частично сохраняется почвенный слой и отдельные участки травяного покрова. Этот способ применим на супесчаных и суглинистых грунтах.

В последнее время для районов Крайнего Севера при проведении рекультивационных работ рекомендуется применять гидропосев – один из приемов биологической рекультивации. Компоненты, входящие в гидросмесь, образуют на укрепленном участке временный защитный слой, который препятствует смыву и выдуванию семян. Гидропосев осуществляется гидросеялкой. При нанесении семян на поверхность образуется волокнистое покрытие, обеспечивающее закрепление семян многолетних трав и создающее благоприятные условия для их развития. В дальнейшем при разложении, клеящие вещества служат питанием для трав.

Небрежное выполнение (или исключение) этапа технической рекультивации территории зачастую делает неэффективным или даже невозможным проведение биологической рекультивации. В ряде случаев инженерная рекультивация является единственным средством стабилизации нарушенных поверхностей. Так, на участках с большой эрозионной опасностью биологические мероприятия эффективны лишь в сочетании с различными инженерными методами, а при активно протекающих процессах биологические методы вообще неэффективны.

На склонах и песчаных субстратах целесообразно сочетать посев трав с кулисной посадкой ив. После внесения компоста и равномерной заделки его в почву путем дискования проводят маркировку поля для размещения кулис. Для посадки кулис рекомендуются ивы местных видов, как наиболее неприхотливые к погодным условиям, хорошо размножающиеся стеблевыми черенками и быстро растущие.

Необходимо подчеркнуть комплексный характер работ по биологической рекультивации. В зависимости от конкретных условий, характера загрязнения или другого техногенного воздействия могут быть выбраны определенные приемы рекультивации и их комплекс. В табл. Г.4 (Приложение Г) обобщены не только данные о степени интенсивности нарушения экосистем, но и приведены необходимые меры по их восстановлению.

При проведении технической рекультивации нарушенных территорий предусматриваются следующие виды работ:

- 1) снятие и складирование почвенно-плодородного слоя;
- 2) утилизация строительного мусора, бытовых отходов;
- 3) выполаживание эрозионноопасных склонов (в некоторых случаях их террасирование), планировка поверхности;

- 4) ликвидация просадочных явлений;
- 5) создание гидрозакщитных сооружений;
- 6) нанесение почвенно-плодородного слоя;
- 7) устройство временных подъездных дорог.

При технической рекультивации применяются теплоизоляционные материалы для регулирования процессов теплообмена почвы с атмосферой и ее защиты от промерзания-протаивания.

Для укрепления слабых, неустойчивых грунтов, подверженных эрозии и оползанию при обустройстве и эксплуатации месторождений углеводородов Крайнего Севера, предлагаются разнообразные материалы и методы:

1) Искусственные теплоизоляционные покрытия: металлизированные и полимерные пленки, быстротвердеющие полимерные пены, пенопластовые плиты;

2) Естественные теплоизоляционные покрытия: древесные отходы, дерн, отсыпки, водно-воздушные замороженные;

3) Механические методы: уплотнение талых грунтов укаткой, трамбованием, вибрацией, рыхлением, экскавацией, обезвоживание гравитационным дренажем, фильтрационно-игловое оттаивание с гидростатикой;

4) Физические методы: искусственное замораживание хладоносителем, осушение и упрочнение грунта путем обработки постоянным электрическим током;

5) Физико-химические методы: диспергирование и агрегация грунтов, гидрофобизация грунтов, солонцевание, полимерная стабилизация грунтов путем инъекций, упрочнение грунтов искусственными полимерными смолами, силикатизация с применением жидкого стекла, цементизация грунтов портланд-цементами, известкование;

6) Изменение температуры промерзающих-протаивающих грунтов с помощью локального способа отвода или притока тепла;

7) Регламентированное использование транспортных строительного-монтажных средств;

8) Строительство дорог с отсыпкой насыпи «вперед» без нарушения естественного покрова с применением теплоизоляционных материалов;

9) В пределах сложных неустойчивых ландшафтов удаление площадных сооружений на 80–100 м от уступов и склонов;

10) Строительство основных объектов в холодный период;

11) Недопущение сброса промышленных, бытовых и аварийных вод на мерзлые высокольдистые грунты;

12) Прогнозирование развития термоэрозионных процессов за пределами осваиваемого участка;

13) Создание защитного почвенно-растительного слоя после технической рекультивации;

14) Организация инженерно-биологического мониторинга.

Выбор конкретных видов для рекультивации должен быть основан на всестороннем анализе флоры антропогенных местообитаний, поскольку аборигены-антропофилы, самой природой испытанные на выживаемость в условиях антропогенных местообитаний, представляют собой значительные местные ресурсы для работ по рекультивации.

На пострекультивационном этапе процесса восстановления деградированной территории необходим мониторинг за свойствами и режимами почвы [17], изменением глубины залегания кровли вечномерзлой толщи, мощностью слоя сезонного промерзания и оттаивания, свойствами растительности. Необходимы также наблюдения за характером сукцессии на рекультивированной территории, не используемой в хозяйственных целях. Их результаты послужат основой для корректировки избранного метода рекультивации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоэкология Севера (Введение в геокриологию) / Ред. В.И. Соломатин. М.: Изд-во МГУ, 1992. 270 с.
2. Природно-техногенные воздействия на земельный фонд России и страхование имущественных интересов участников земельного рынка / Под общ. ред. Л.Л. Шишова и др. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 2000. 251 с.
3. Баранов А.В. Инженерная защита объектов и территории Бованенковского газоконденсатного месторождения на Центральном Ямале // Международная конференция «Опыт поиска и освоения месторождений нефти и газа в экологически сложных природных условиях Арктики», Санкт-Петербург, 15–18 июля 2001 г. СПб., 2001. С. 06-5.
4. Добровольский Г.В., Василевская В.Д., Зейдельман Ф.Р. и др. Факторы и виды деградации почв // Деградация и охрана почв. М., 2002. С. 33–61.
5. Москаленко Н.Г., Ястреба Н.В. Исследование динамики растительного покрова, нарушенного техногенным воздействием на севере Западной Сибири // Вопросы географии. М., 1980. Сб. 114. С. 144–164.
6. Граве Н.А. Устойчивость поверхности к механическим нарушениям при освоении Севера // Изв. АН. Сер. геогр. 1982. №6. С. 54–62.
7. Втюрин Б.И. Криогенное строение многолетнемерзлых пород Якутии как основа долгосрочного инженерно-геокриологического прогноза // Устойчивости поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты. Якутск, 1980. С. 50–57.
8. Васильевская В.Д., Кирилишин В.В. Антропогенные нарушения почвенного покрова в южной тундре Ямала и мероприятия по их предотвращению // Вестн. МГУ. Сер. 17, Почвоведение. 1993. № 4. С. 3–9.
9. Максимова В.Ф. Восстановление растительного покрова техногенных ландшафтов Верхней Колымы // Вестн. МГУ. География. 1972. № 4. С. 69–76.
10. Большаков С.М. Изменение геокриологической обстановки при строительстве и эксплуатации железных дорог // Охрана окружающей среды в связи с хозяйственным освоением области распространения многолетнемерзлых пород. Якутск, 1975.
11. Ливеровская И.Т. Изменение свойств почв восточных предгорий Полярного Урала и прилегающей равнины в связи со строительством линейного сооружения // Охрана окружающей среды при освоении области многолетнемерзлых пород. М., 1980.

12. *Сердюкова В.В., Внуков В.К.* Неблагоприятные геокриологические явления на террасах газопроводов Якутского комплекса // Охрана окружающей среды в связи с хозяйственным освоением области распространения многолетнемерзлых пород. Якутск, 1975.
13. *Амелин А.В., Баранов А.В.* Главные принципы защиты территории и инженерных сооружений газового комплекса от неблагоприятных последствий эрозионных процессов // Эрозионные процессы Центрального Ямала / Под ред. А.Ю. Сидорчука, А.В. Баранова. СПб., 1999. С. 304–323.
14. *Григорьев В.Я.* Расчетное определение критерия минимизации эрозии почв и оптимизации противоэрозионных мероприятий // Почвоведение. 1998. №4. С. 466–475.
15. *Дружинина О.А., Мяло Е.Г.* Охрана растительного покрова Крайнего Севера: проблемы и перспективы. М.: Агропромиздат, 1990. 175 с.
16. *Москаленко Н.Г.* Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 1999. 278 с.
17. *Акопова Г.С., Сидорова Е.В., Кречетов П.П., Романенков В.А.* Система контроля состояния почв на территории подземных хранилищ газа // Обзорная информация: Охрана человека и окружающей среды в газовой промышленности. М., 1996. 52 с.

Приложение А

Таблица А.1

Основные виды нарушений и сопутствующие процессы

№ п/ п	Воздействия	Нарушения								Процессы										
		Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н7	Н8	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11
1	Трубопроводы на разных элементах рельефа:																			
	а) ровный (бесстоковый)	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+
	б) пологий (дренированный)	±	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+
	в) крутой (дренированный)	±	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	
2	Автодороги-зимники на разных элементах рельефа:																			
	а) ровный (бесстоковый)	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	
	б) пологий (дренированный)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	
	в) крутой (дренированный)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	
3	Отсыпки автодороги на разных элементах рельефа:																			
	а) ровный (бесстоковый)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	
	б) пологий (дренированный)	±	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	
	в) крутой (дренированный)	±	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	
4	Здания, технические сооружения, поселки на разных элементах рельефа:																			
	а) ровный (бесстоковый)	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
	б) пологий (дренированный)	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
	в) крутой (дренированный)	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	
5	Насыпи, дамбы на разных элементах рельефа:																			
	а) ровный (бесстоковый)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
	б) пологий (дренированный)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-
	в) крутой (дренированный)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	

6	Кусты скважин на разных элементах рельефа: а) ровный (бесстоковый) б) пологий (дренированный) в) крутой (дренированный)	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
7	Проезд автотранспорта на разных элементах склона: а) ровный (бесстоковый) б) пологий (дренированный) в) крутой (дренированный)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
8	Незарегулированный сброс вод от различных источников на разных элементах склона: а) ровный (бесстоковый) б) пологий (дренированный) в) крутой (дренированный)	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+
9	Осушительная мелиорация	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
10	Разработка карьеров	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-
11	Пирогенез (в т.ч. факелы)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-

Условные обозначения:

Нарушения:

Н1 – микрорельефа

Н2 – почвы и ее свойств

Н3 – растительности и ее характеристик

Н4 – снегонакопления

Н5 – тепловых условий

Н6 – водных условий

Н7 – поверхностного стока

Н8 – грунтового стока

Процессы:

П1 – протаивание, просадки, термокарст

П2 – пучение

П4 – солифлюкция

П5 – оползни, быстрые сплывы

П6 – эрозия и термоэрозия

П7 – захоронение почвенно-растительного покрова

П8 – абразия берегов техногенных озер

П9 – заболачивание

П10 – иссушение

П11 – дефляция

Приложение Б

На плоских пушицево-сфагновых болотах после нарушения растительного покрова альbedo поверхности в летний период снижается (с 0,16 до 0,07) вследствие обводненности и обнажения торфа (рис. Б.1). При этом глубина сезонно-талого слоя существенно изменяется.



Рис. Б.1. Плоское пушицево-сфагновое болото

Уничтожение растительного покрова верхнего органогенного горизонта почвы на плоских и пологоволнистых дренированных равнинах, сложенных песками, приводит к развитию дефляции (рис. Б.2).



Рис. Б.2. Дефляционные явления на плоских и пологоволнистых дренированных равнинах, сложенных песками

На плоских недренированных или слабодренированных равнинах нарушение почвенного и растительного покровов сопровождается активизацией заболачивания, термокарста, пучения и криогенного растрескивания (рис. Б.3).

На склонах холмистых равнин усиливаются процессы водной эрозии и солифлюкции (на суглинистых отложениях) (рис. Б.4).



Рис. Б.3. Процессы активизации заболачивания, термокарста, пучения



Рис. Б.4. Активизация процессов овражной термоэрозии

Оползневые и другие криогенные процессы в областях распространения многолетнемерзлых пород и криосолей существенно понижают устойчивость ландшафта к различным естественным и антропогенным воздействиям. По наблюдениям О.В. Ребриской, на Центральном Ямале в результате оползания грунта с растительностью происходит резкое изменение природных условий: разрушается органогенный горизонт, изменяется влажность почвы, значения рН верхнего горизонта сдвигаются в сторону более нейтральных (рис. Б.5).



Рис. Б.5. Заращение посткриогенного сплыва (1990 г.) у пос. комплексного энергетического хозяйства (КЭХ). Фото 1997 г.

Стадия первичного зарастания на поверхностях скольжения растягивается на десятилетия и заканчивается формированием злаковых и ромашково-злаковых сообществ на сухих участках и осоково-дюпонтиевых сообществ – в промоинах (рис. Б.5). В дальнейшем в эти сообщества проникают ценофильные виды из тундрового окружения и деградировавших блоков оползневых тел. В результате формируются травяно-ивковые и ивковые группировки, которые и обуславливают длительность стадии зарастания оползней. Моховый покров восстанавливается еще более медленно (рис. Б.5).

Приложение В

Наблюдения показали, что динамика процесса самовосстановления почвенно-растительного покрова при переходе в избыточно увлажненные условия более сглажена, но характер его изменчивости во времени подобен характеру динамики на дренированных нарушенных тундровых почвах.

В условиях предельного избыточного увлажнения динамика самовосстановления тундровой растительности имеет вид, показанный на рис. В.1.

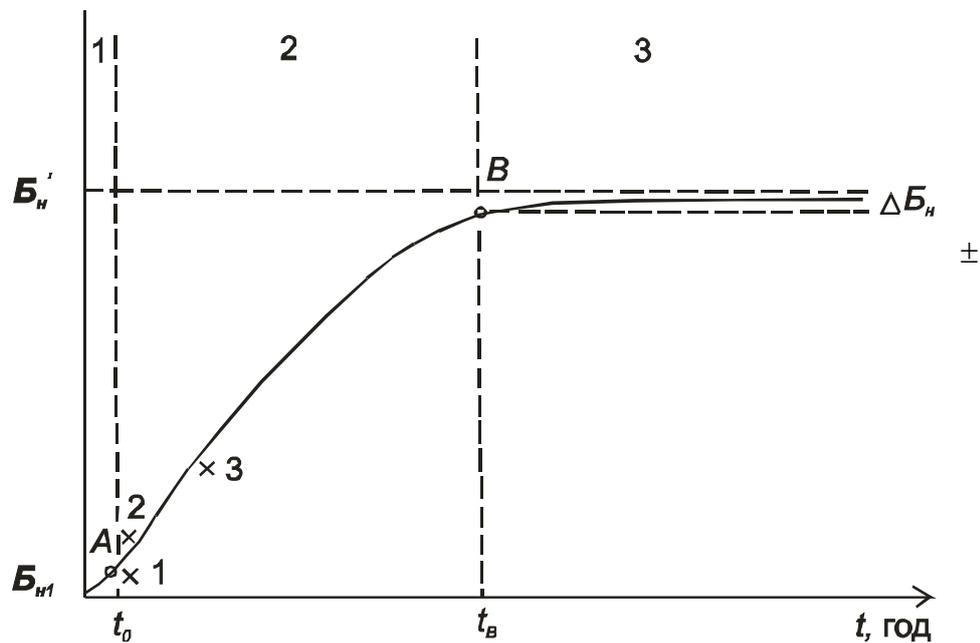


Рис. В.1. Логическая схема динамики надземной биомассы (B_H , г/м²) в разные периоды процесса саморазвития растительного покрова на нарушенной избыточно увлажненной тундровой почве

1 – поселение пушиц и осок; 2 – интенсивное их развитие;
3 – формирование и стабилизация коренных сообществ

Аналитически динамика биомассы растительности (B_H) во все периоды ее саморазвития описывается следующими уравнениями:

$$B_H = B_H' \cdot t / (k + t) \quad (B.1)$$

или

$$1/Y = k/t + 1, \quad (B.2)$$

где k – эмпирический коэффициент; t – длительность с момента нарушения; Y – отношение B_H к эталонной ее величине (B_H') для ненарушенной почвы. Характерные точки графика (рис. В.1) имеют следующие координаты:

$A(t_0 \approx 1, B_H = B_{H1})$; $B(t = t_B, B_H = B_H' - \Delta B_H)$. Длительность самовосстановления растительности t_B определяется по формуле (B.2) при известных значениях B_H' , ΔB_H и k . Величина эмпирического коэффициента (k) устанавливается по экспериментальным измерениям B_H в начале процесса самовосстановления (точки 1, 2, 3) и формуле (B.2).

Применение зависимостей (B.1) и (B.2) позволяет установить длительность смены различных степеней деградации в процессе самовосстановления.

Приложение Г

Таблица Г.1

Степень опасности развития процессов в зависимости от классификации объектов ГДК и наличия факторов изменения теплового баланса грунтов

№	Объекты ГДК		Степень опасности		
			Период строительства	Период эксплуатации	
1	постоянные	площадные	Т	высокая	высокая
			НТ	высокая	вредная
			НТ и Т	высокая	высокая
		линейные	Т	высокая	высокая
			НТ	высокая	высокая
			НТ и Т	высокая	высокая
		точечные	Т	средняя	средняя
			НТ	высокая	низкая
			НТ и Т	высокая	средняя
2	временные	площадные	Т	высокая	высокая
			НТ	средняя	низкая
			НТ и Т	высокая	средняя
		линейные	Т	высокая	средняя
			НТ	средняя	средняя
			НТ и Т	средняя	средняя
		точечные	Т	средняя	низкая
			НТ	средняя	низкая
			НТ и Т	средняя	низкая

Обозначения:

Т – тепловыделяющие объекты; НТ – нетепловыделяющие объекты

Таблица Г.2

Степень опасности природных процессов в ПТК (по СНиП 22-01-95)

№ п/п	Природные комплексы	Заболачивание, обводнение	Пучение	Термокарст	Солифлюкция	Термоэрозия	Термоэрозия боковая	Термоабразия	Дефляция	Категория опасности ПТК

	песчаными раздувами									
2	Плоские и пологонаклонные водоразделы, сложенные песками и супесями, умеренно дренированные с кустарничково-моховыми тундрами	1	1	1	0	1	0	0	1	Умеренно опасный
3	Плоские и пологонаклонные водоразделы, сложенные суглинками и глинами, умеренно и слабо дренированные, с кустарниковыми, травяно-кустарниковыми, кустарничково-моховыми тундрами	1	2	2	2	1	0	0	1	Опасный
4	Придолинные склоны (круче 3 град.), сложенные песками, умеренно и хорошо дренированные, с кустарниковыми и кустарничково-моховыми тундрами	1	1	1	0	2-3	0	0	1	Опасный, весьма опасный
5	Придолинные склоны (круче 3 град.), сложенные суглинками и глинами, умеренно дренированные, с кустарниковыми и мохово-кустарниковыми тундрами	1	1	1	3	3	0	0	0	Весьма опасный
6	Плоские поймы и переходные террасы, сложенные песчано-глинистыми отложениями различной степени дренированности, с кустарниковыми, луговыми и кустарничково-моховыми тундрами и травяно-моховыми болотами	1	1	1	0	0	2-3	0	0	Опасный, весьма опасный
7	Бугристые торфяники	3	3	3	0	0	0	0	0	Весьма опасный
8	Низинные травяные и травяно-моховые болота	3	2	2	0	0	0	0	0	Опасный
9	Лайды, берега морей и озер	1	1	1	0	0	0	0-3	0	Опасный, весьма опасный

Примечание. Категории опасности процессов: 0 – умеренно опасные; 1 – опасные; 2 – весьма опасные; 3 – чрезвычайно опасные (катастрофические)

Таблица Г.3

Технические мероприятия по предотвращению опасных природных процессов

№ п/п	Мероприятия	Предотвращаемые процессы
1	Засыпка понижений минеральным грунтом, иногда торфом, посев трав	Заболачивание, пучение, термокарст
2	Устройство водопропусков	Заболачивание, пучение, термокарст, термоэрозия
3	Теплоизоляция оснований насыпей торфом	Термокарст, солифлюкция
4	Теплоизоляция открытой поверхности торфом, посев трав	Термокарст, заболачивание, пучение, солифлюкция
5	Устройство водонаправляющих и водоотводящих валов, распылителей стока	Солифлюкция, термоэрозия
6	Уборка снега с объекта	Термоэрозия, солифлюкция
7	Техническое моделирование устойчивого микрорельефа, посев трав	Солифлюкция, термоэрозия
8	Техническое моделирование устойчивого микрорельефа с укреплением его геотекстилем	Солифлюкция, термоэрозия
9	Отказ от планировки полосы строительства	Термоэрозия
10	Засыпка траншеи предварительно подсушенным песком	Термокарст, солифлюкция, термоэрозия
11	Снегозадержание	Термоэрозия, солифлюкция
12	Засыпка вершин растущих промоин	Термоэрозия
13	Закрепление промоин геотекстилем, посев трав	Термоэрозия
14	Поднятие местного базиса эрозии с помощью плотин	Термоэрозия
15	Выполаживание бортов промоин и закрепление их геотекстилем	Термоэрозия
16	Придание насыпи водосбрасывающей формы	Термоэрозия
17	Теплоизоляция подошвы насыпи торфом	Термоэрозия
18	Воздушный переход через водные преграды	Боковая термоэрозия
19	Берегоукрепление каменной наброской	Боковая термоэрозия, термоабразия
20	Берегоукрепление габионами	Боковая термоэрозия, термоабразия
21	Посев трав с подсыпкой торфа	Дефляция

Таблица Г.4

Рекомендуемые способы восстановления почвенно-растительного покрова

Баллы	Степень нарушения растительного покрова	Общее проективное покрытие, % ОПП	Степень нарушения грунта	Место-обитание	Способы восстановления растительного покрова
1	Слабая	100–75	Слабая	БДП	Самовосстановление растительности при запрете проездов
2,3	Средняя	75–50	Глубокие колеи от транспорта	БД П	Самовосстановление растительности при запрете проездов в летний период Активизация самозарастания путем весенне-осеннего поверхностного внесения минеральных удобрений на песчаном субстрате, дополнительно подсев трав на оголенных участках
4,5	Сильная	50–25	Дернина сильно нарушена при большой площади регулярных проездов транспорта	БДП	Посев трав на оголенных участках, поверхностное внесение минеральных удобрений в течение 2-3 лет.
6	Очень сильная	25–5	Частично разрушен органогенный слой	Б Д П	Запрет проездов в летний период Запрет проездов в летний период, выравнивание поверхности, посев трав под покров, поверхностное внесение минеральных удобрений Выравнивание поверхности, посев многолетних трав под покров или внесение удобрительного посевного материала (БАГ) 250–300 кг/га, гидропосев на крутых склонах, поверхностное внесение минеральных удобрений в течение 2-3 лет

Баллы	Степень нарушения растительного покрова	Общее проективное покрытие, % ОПП	Степень нарушения грунта	Местообитание	Способы восстановления растительного покрова
7,8	Полностью уничтожен	5–0	Уничтожен органогенный слой и верхний минеральный горизонт в т.ч. песчаные карьеры и песчаные насыпи	Б	Запрет проезда в летний период, выравнивание поверхности, посев трав гидрофитов под покров, поверхностное внесение минеральных удобрений
				Д П	Запрет проездов в летний период, выравнивание поверхности, внесение торфо-навозного компоста 30 т/га, посев многолетних трав мезофитов под покров, поверхностное внесение минеральных удобрений или внесение удобрительного посевного материала (БАГ) 250–300 кг/га Запрет проездов в летний период, выравнивание поверхности, внесение торфо-навозного компоста 30 т/га, посев многолетних трав ксерофитов под покров с посадкой ив кулисами, поверхностное внесение удобрений или внесение удобрительного посевного материала (БАГ) 250–300 кг/га, латексное покрытие (Крючков, 1994, с. 30)

Примечание. Б – заболоченные участки; Д – дренированные участки;
П – песчаные взлобки, карьеры, насыпи