

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт географии Российской академии наук

На правах рукописи

НИКОНОВА Анна Николаевна

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ДЕЛЬТЫ ПЕЧОРЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ
КУМЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НЕНЕЦКИЙ
АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)**

25.00.23 — Физическая география и биогеография, география почв и геохимия
ландшафтов, 25.00.36 — Геоэкология (науки о Земле)

Диссертация на соискание ученой
степени кандидата географических наук

Научный руководитель:

к. г. н. Вайсфельд М. А.

Научный консультант:

д. г. н. Замотаев И. В.

Москва – 2016

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	9
1.1. Основные виды загрязняющих веществ и виды техногенных нагрузок при промысле углеводородов.....	9
1.2. Изменение свойств почв под воздействием химического загрязнения и механических нарушений.....	13
1.3. Закономерности радиального и территориального распределения нефтяных загрязнений.....	14
1.4. Формирование техногенных почв и почвоподобных тел в районах добычи углеводородного сырья.....	18
<u>ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</u>	20
2.1. Объекты и предмет исследования.....	20
2.2. Методы исследования.....	21
<u>ГЛАВА 3. УСЛОВИЯ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ. ИСТОЧНИКИ ТЕХНОГЕННЫХ НАРУШЕНИЙ</u>	26
3.1. Природные факторы миграции и аккумуляции загрязняющих веществ	26
3.1.1. Геологическое строение и рельеф.	26
3.1.2. Гидрография и климат.....	30
3.1.3. Почвенный покров.....	36
3.2. Техногенные факторы миграции и аккумуляции загрязняющих веществ.....	39
3.2.1. История развития аварийной ситуации и принятые меры по ее ликвидации	40
3.2.2 Безаварийные скважины.....	43
<u>ГЛАВА 4. СВОЙСТВА ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КУМЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ</u>	48
4.1. Естественные почвы.....	50
4.1.1. Морфологическое строение и свойства незагрязненных почв.....	50
4.1.2. Распределение углеводородов в незагрязненных почвах.....	54
4.2. Техногенно-измененные почвы и техногенные поверхностные образования	55

4.2.1. Морфологические особенности загрязненных почв.....	55
4.2.2. Трансформация химических свойств загрязненных почв.....	59
4.2.2.1. Солевой состав почв.....	60
4.2.2.2. Щелочно-кислотные условия.....	62
4.2.2.3. Содержание органического углерода.....	68
4.2.2.4. Содержание техногенных углеводородов.....	72
4.2.2.5. Загрязнение почв тяжелыми металлами.....	81
<u>ГЛАВА 5. ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КУМЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....</u>	89
5.1. Растительные сообщества в фоновых условиях.....	90
5.2. Пространственная неоднородность фитоценозов в сфере воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения.....	93
5.3. Изменение флористического состава и структуры растительных сообществ в сфере воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения.....	107
<u>ГЛАВА 6. ТРАНСФОРМАЦИЯ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА КУМЖИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....</u>	124
6.1. Механическое воздействие на аквальные ландшафты и изменения подводного рельефа на Кумжинском газоконденсатном месторождении.....	125
6.2 Геохимическое воздействие и изменение качества природных вод.....	127
6.3 Воздействия на донные отложения.....	129
6.4. Содержание тяжелых металлов в растительности	134
<u>Выводы.....</u>	138
<u>Список литературы.....</u>	142
<u>Приложение 1.....</u>	163
<u>Приложение 2.....</u>	164
<u>Приложение 3.....</u>	165

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В России ежегодно добывается более 500 млн. т. нефти, причем объем промысла всех углеводородов в последние десятилетия неуклонно увеличивается. Параллельно с этим при добыче, транспортировке и первичной обработке возрастают и их потери, которые в последние годы составляют 3-5% (Одинцова, 2010; Пиковский, Пузанова, 2012). Эксплуатируемые в высоких широтах месторождения занимают сейчас значительные площади, и они увеличиваются год от года по мере открытий и ввода в разработку новых. Общеизвестно, что экосистемы высоких широт исключительно уязвимы к антропогенным воздействиям и прежде всего в форме разведки и особенно добычи углеводородного сырья. Поэтому необходимость детального изучения воздействия промысла на трансформацию северных экосистем не вызывает сомнений в своей актуальности.

Наибольший ущерб природным экосистемам при добыче углеводородов наносят аварии, негативные последствия которых проявляются многие годы после них (Walker et al., 2003; Владимиров, Дубнов, 2013). Мониторинг этих последствий особенно важен.

Особую опасность представляют загрязнения нефтепродуктами (НП) и последующая деградация природных ландшафтов в устьях крупных северных рек, в дельтах которых отмечается кумулятивный эффект загрязнения всего водосбора. Следует отметить, что дельты представляют собой ценные водно-болотные угодья и местообитания редких видов растений и животных. Исследуемая территория Кумжинского газоконденсатного месторождения (ГКМ) расположена в дельте Печоры (Ненецкий автономный округ Архангельской области), пойменные экосистемы которой характеризуются большим видовым разнообразием флоры и фауны. В 1980 г. произошла авария, ставшая причиной консервации месторождения. Создание государственного природного заповедника «Ненецкий» на этой территории позволило изучить последствия аварии для экосистем дельты Печоры через 30 лет.

Объектом диссертационного исследования служат экосистемы в дельте р. Печоры в зоне воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения.

Предмет исследования - почвенно-растительный покров, поверхностные воды и донные отложения.

Цель диссертационного исследования – установить закономерности посттехногенной трансформации компонентов экосистем в районе воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения и оценить их эколого-геохимическое состояние.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Изучить геохимические параметры фоновых и техногенно-трансформированных ландшафтов пойменного и тундрового комплексов дельты Печоры.

2. Провести анализ пространственной структуры загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами депонирующих компонентов окружающей среды на аварийном участке Кумжинского месторождения, и последствий загрязнения среды (перестройки щелочно-кислотных условий, свойств поглощающего комплекса и др.), выявить факторы, обуславливающие накопление загрязняющих веществ.
3. Оценить дифференцированно эколого-геохимическое состояние почв и донных отложений путем сопоставления актуальных данных о концентрации нефтепродуктов с существующими санитарно-гигиеническими нормативами.
4. Исследовать параметры идентичности технопедогенеза и трансформации растительного покрова с описанными ранее в литературе для сходных природных геохимических условий.
5. Разработать рекомендации по проведению на аварийных участках месторождения рекультивационных работ.

Теоретическая и методологическая база исследования. В диссертационном исследовании используются методологические аспекты и материалы о миграции нефтепродуктов и их аккумуляции из работ М.А. Глазовской (1981, 1986), Ю.И. Пиковского (1993), Н.В. Солнцевой (1998), С.Я. Трофимова, М.С. Розанова (2002), А.Н. Геннадиева, Ю.И. Пиковского (2007). Используются также данные В.Д. Васильевской (1993), В.В. Кирилишина (1993), Г.В. Русановой (2000), В.А. Базанова (2004) и многих других об изменении физико-химических свойств почв при механическом и геохимическом воздействии промысла углеводородов. Описания токсического воздействия на растения, трансформации растительных сообществ при прямом и косвенном воздействии основаны на трудах отечественных и зарубежных авторов Е.А. Шишконоковой (2004, 2011), А.В. Хомутова (2013), Armstrong S. A. (2005), Johnstone, J. F. (2008), Walker D. A. (1978) и других. Методологической основой для анализа техногенной трансформации растительности районов нефтедобычи и разработки рекомендаций по рекультивации нарушенных земель послужили работы: А.А. Тишков (1996), Б.Е. Чижова (2000), «Экологические основы восстановления...» (2002), «Постехногенные экосистемы Севера» (2002), Tishkov (1997) и др.

Научная новизна. Впервые на территории Кумжинского газоконденсатного месторождения выявлены закономерности посттехногенной пространственно-временной трансформации компонентов ландшафтов (почв, растительного покрова, поверхностных вод и донных отложений) дельты Печоры. Определены и детально описаны стадии трансформации растительного покрова, связанные с воздействием техногенеза. Комплексно рассмотрены различия трансформации почв и растительного покрова ландшафтов пойменного и тундрового комплексов. Новыми являются данные о геохимических особенностях радиального и

латерального распределения нефтепродуктов в почвах и ТПО. Оценено современное эколого-геохимическое состояние аквальных ландшафтов в зоне воздействия месторождения.

Практическая значимость. Полученные данные позволяют оперативно выделять «проблемные» технические участки, нуждающиеся в рекультивации и участки, где вмешательство с использованием техники может привести к отрицательным для экосистем результатам и потому не желательно.

Материалы диссертации могут использоваться для организации мониторинга состояния автономных, супераквальных и аквальных ландшафтов на техногенных территориях Кумжинского месторождения (в границах Ненецкого заповедника), в т. ч. для совместного анализа многолетних данных о состоянии растительных сообществ, почв и донных отложений с целью изучения миграции углеводородов. Разработки и оценки диссертанта, в т. ч. результаты анализа различий в отклике пойменных экосистем на ранее предпринимаемые методы рекультивации нарушенных земель, использовавшихся с 1981 года, могут быть использованы при составлении программ рекультивации механически поврежденных и загрязненных нефтепродуктами участков тундр и северных пойм в аналогичных географических условиях.

Защищаемые положения.

1. На территории Кумжинского ГКМ в дельте р. Печоры формируются техногенно-преобразованные почвы и техногенные поверхностные образования. Общими для всех объектов являются механические нарушения, подщелачивание и загрязнение техногенными углеводородами и сопутствующими тяжелыми металлами поверхностных горизонтов, незначительное повышение концентрации водорастворимых солей.

2. В зависимости от свойств почв и техногенных поверхностных образований (ТПО) (гранулометрического состава и др.), наличия погребенных горизонтов и характеристик горизонтов деятельного слоя (главным образом от степени оглеения и аэрации) выделяются три основных типа радиального распределения нефтепродуктов. Латеральная дифференциация НП в экосистемах на аварийном и безаварийном участках месторождения определяется расстоянием от техногенных источников и их катенарным (геоморфологическим) положением.

3. Геохимическая трансформация аквальных ландшафтов на всех участках месторождения сопровождается формированием локальных техногенных зон загрязнения НП в водах и донных отложениях, что связано с продолжающимся в настоящее время поступлением газоконденсата из аварийных скважин.

4. В сфере воздействия Кумжинского ГКМ нефтяное загрязнение и механическое воздействие, включая рекультивационные мероприятия, приводят к изменению флористического состава и структуры (зональных) тундровых растительных сообществ.

Лугово-болотные сообщества пойм, в составе которых преобладают злаки и осоки (до 70% в суммарном проективном покрытии), более устойчивы к различным типам воздействия.

Личный вклад автора. Сбор полевого материала по состоянию почвенно-растительного покрова выполнялся в 2011 году совместно с К.В. Кочи и в 2013 – с В.А. Михайловой. На полевом этапе был выполнен выбор наиболее характерных участков, испытавших локальное техногенное воздействие при разработке месторождения и последующих рекультивационных работах, а также были проведены выбор и описание почвенных разрезов, отбор проб для последующего лабораторного анализа, описание растительных ассоциаций. Автор участвовал в первичной подготовке проб и последующем проведении анализов щелочно-кислотных параметров, содержания водорастворимых солей, нефтепродуктов и тяжелых металлов. Анализы выполнялись в лабораториях географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Автором проведено дешифрирование и анализ с использованием ГИС снимков исследуемой территории, интерпретация результатов дешифрирования и подготовка на их основе карт.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (Москва, 2013), V Всероссийской научно-практической конференции «Эколого-географические проблемы регионов России» (Самара, 2013), Международной научной конференции "География: вызовы XXI века" посвященной 80-летию географического факультета Таврического национального университета имени В.И. Вернадского (Симферополь, 2014), Arctic Science Summit Week 2014 (Финляндия, Хельсинки, 2014), международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (Москва, 2015).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликованы две статьи в журналах списка ВАК и одна статья в журнале, входящем в список периодических изданий ГАК Украины. Помимо этого, вышли в свет четыре публикации в сборниках научных трудов и материалов конференций.

Объем и структура. Диссертация состоит из 6 глав, введения, заключения (общий объем 165 страниц), списка литературы (274 наименований, из них 52 на иностранных языках), а также трех приложений.

Благодарности. Автор благодарит научного руководителя к. г. н. М. А. Вайсфельда и научного консультанта д. г. н. И. В. Замотаева за научные консультации, поддержку и терпение; проф. А.А. Тишкова и к. г. н. О.В. Морозову за постоянную и действенную помощь в процессе работы над рукописью, коллективы лаборатории биогеографии и отдела географии и эволюции почв Института географии РАН за содействие в проведении полевых исследований, анализе и синтезе материалов и за ценные советы при подготовке диссертации; сотрудников заповедника

«Ненецкий» Е.А. Кольцева и Ю.М. Богомолу за помощь в организации и проведении полевых работ; сотрудников лабораторий кафедры геохимии ландшафтов географического факультета МГУ Е. В. Терскую и Н.И. Хлынину, а также студентов географического факультета МГУ К.В. Кочи и В.В. Михайлову за содействие и помощь в проведении лабораторных исследований.

ГЛАВА 1. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Широко известна особая уязвимость тундровых экосистем и их низкая способность к самовосстановлению (Тишков, 1996; Солнцева, 1998). Тем не менее, подавляющая часть добычи углеводородного сырья в России осуществляется именно в высоких широтах. Причем, интенсивность его разведки и добычи в последние годы возрастает: все больше новых месторождений обустриваются с последующим вводом в эксплуатацию, и всё энергичнее расширяются масштабы добычи на давно эксплуатируемых. По данным ЦДУ ТЭК, Россия в 2012 году нарастила добычу нефти на 1,3% по сравнению с 2011 годом – до 518 миллионов тонн, в 2013 году прирост составил 1% (до 523,27 млн тонн) (<http://pronedra.ru/oil/2014/01/06/2013-dobycha-rf/>).

1.1. Основные виды загрязняющих веществ и виды техногенных нагрузок при промысле углеводородов

При добыче, транспортировке и переработке природных углеводородов, таких как нефть, газоконденсат и природный газ в ландшафты помимо нефтепродуктов попадают высокоминерализованные промысловые воды, а также сернистые соединения, ртуть, тяжелые металлы, радионуклиды и другие токсичные вещества. Помимо химического загрязнения, промысел углеводородного сырья оказывает на всех этапах от разведки до ликвидации скважин механическое воздействие на почвенно-растительный покров (Васильевская, Кирилишин, 1993; Московченко, 1998; Солнцева, 1998; Русанова, 2000; Forbes, 2001; Маниша, Шишконокова, 2005; Баранов и др., 2010; Kumpulainen, 2011 и др.).

Участки повреждений почвенно-растительного покрова можно отнести к двум типам: линейно-транспортному и точечному, при этом нарушения, вызванные как функционированием промысла в фоновом режиме, так и авариями, фиксируются на площадях в десятки и сотни квадратных километров. Механические воздействия на почвенный покров, такие как уничтожение и перемещение органогенных и гумусовых горизонтов, формирование насыпных слоев, связаны с обустройством технических площадок, бурением скважин и прокладкой трубопроводов. Они приводят к полному или частичному нарушению почвенных профилей, изменению фильтрационных свойств, водно-воздушного режима почв и как следствие – к уничтожению или угнетению растительного покрова. Добыча углеводородного сырья является одним из ведущих факторов воздействия на территории традиционного природопользования Севера (Капелькина, Попов, 2012). По сведениям Федерального агентства кадастра объектов недвижимости, стрессовое воздействие промышленных объектов на оленьи пастбища и охотничьи угодья охватывает до 40% площадей традиционного природопользования

(Материалы..., 2007). Формирование песчаных бедлендов в результате скальпирования почв или пересыпки грунтом и сопутствующее увеличение физиологической сухости субстрата, его бедность элементами питания приводят зачастую к невозможности самовосстановления растительности (Васильевская и др., 1986). Эти факторы усложняют развитие фитоценозов в первичных экотопах, таких как буровые площадки скважин, лишенных семян растений в субстрате (Капелькина, 2012). Тем не менее, в тундровой зоне Ненецкого автономного округа через 4–12 лет на площадках без насыпей растительный покров восстанавливается на 80–100% (Уткин, 1989, 1990).

Большое количество работ посвящено восстановлению растительности после механических нарушений на промыслах Западной Сибири (Куваев, Шебеко, 1987; Творогов, Бурмакина, 1987; Творогов, 1988; Ишбирдин, Миркин, 1991; Москаленко, 1991; Ребристая и др., 1993 и др.). В фокусе исследований находятся как точечные нарушения (Кулюгина, 1996; Лавриненко и др., 1996; Лапшина, Блойтен, 1999), так и относящиеся к линейно-транспортному типу (Егорова, 1992; Forbes, 1992; Emers et al., 1995; Москаленко, 2006; Московченко, 2013). По мере приближения к объекту воздействия снижается общее биологическое разнообразие, падает продуктивность, происходят морфологические изменения видов и упрощение структуры биоценозов. В результате добычи углеводородов в районе действия нефтедобывающего комплекса формируется несколько экологических зон с разным уровнем качественных и количественных изменений биогеоценозов (Литвинова и др., 2011). Их границы изменяются со временем, изучение восстановительных смен растительности в условиях Субарктики представляет большую практическую значимость для оптимизации рекультивационных мероприятий (Капелькина, 2012). Так, отмечается активная роль местных видов растений в зарастании технических площадок скважин и отвалов грунта предприятий. Лимитирующим их развитие фактором, как правило, является ветровая эрозия (Капелькина, 1993).

Все без исключения объекты промысла, такие как нагнетательные, давшие приток углеводородов разведочные и эксплуатационные скважины, шламохранилища, кустовые насосные станции и трубопроводы, являются потенциальными источниками поступления загрязняющих веществ (Солнцева, 1998). На сегодняшний день ни один из этапов промысла не является безотходным (Владимиров, Дубнов, 2013).

Поступающие в почвы вещества являются геохимически активными, способными к латеральной и радиальной миграции, аккумуляции в почвах, донных отложениях и водах. Осуществляться привнос геохимически активных веществ может различными путями (рис.1).



Рис.1. Привнос геохимически активных веществ (Солнцева, 1998)

На начальном этапе, связанном с созданием инфраструктуры будущего промысла, бурением скважин и их вводом в эксплуатацию основное механическое воздействие оказывает транспорт, что особенно разрушительно в условиях наличия многолетнемерзлых пород. Сопутствующее созданию дорог нарушение растительного покрова приводит к изменению глубины слоя сезонного протаивания (Хомутов, Хитун, 2013), усилению солифлюкции, термоабразии и заболачиванию местности. Отсыпка дорог и насыпей приводит к изменению водного режима на окружающей территории, зарастанию спущенных озер (хасыреев) с формированием гигрофитных травяно-осоково-гипновых сообществ (Московченко, 2013). Стабилизация термического режима почв наблюдается спустя 20 и более лет при условии снижения нарушенности фитоценозов (Walker et al, 1987; Московченко, 2013), однако зачастую изменения являются необратимыми (Баранов и др., 2010).

На данном этапе при условии безаварийного функционирования промысла основные потоки загрязнителей преимущественно связаны с буровыми растворами, шламами, сточными водами и реагентами воздействия на пласт. Сложное сочетание реагентов: разжижители, термостабилизаторы, эмульгаторы, утяжелители, кислоты, поверхностно активные вещества (ПАВ), растворы хлорида натрия и другие вещества включаются в техногенные геохимические потоки. Оработанные буровые растворы, представляя собой полидисперсную систему, помимо нефтепродуктов, нерастворимых частиц минералов, а также соляной, уксусной, плавиковой кислот и метанола содержат существенные концентрации солей и отличаются высокой токсичностью для растений (Пиковский, 1981; Солнцева, 1998; Veil et al., 2004; Фокина, 2007; Johnstone, Kokelj, 2008; Владимиров, Дубнов, 2013).

Шламы состоят преимущественно из выбуренной породы, органических веществ, водорастворимых солей, утяжелителей, глины, нефти, в их составе встречаются Zn, Ni, Cr, Cu,

Co, Ba, Sr, Hg и Be, радиоактивные U, Th, Cs (Базанов и др., 2004). Попутные пластовые воды имеют минерализацию до 300 г/л, могут содержать барий, литий, стронций и другие микроэлементы. Буровые сточные воды могут содержать до 9500 мг/л органических веществ, в том числе 5000-8000 мг/л нефтепродуктов (Владимиров, Дубнов, 2013).

Основным загрязнителем почв являются разнообразные углеводородные соединения: метановые, нафтеновые, ароматические, высокомолекулярные смолисто-асфальтеновые вещества, с которыми часто связаны разнообразные микроэлементы (V, Ni, As, Hg) и сера (Пиковский, 1981; 1993; Popp et al, 2006; Пиковский и др., 2012). Особую опасность представляют полиароматические углеводороды (ПАУ), в частности, 3,4 бензпирен (Kershaw, 1986; Геннадиев и др., 1996; Пиковский и др., 2012; Цибарт, Геннадиев, 2013; Пиковский и др., 2014). Наиболее подвижная легкая фракция нефти, находясь в почвах, водной или воздушной средах, оказывает наиболее токсическое действие на живые организмы (Шамраев, Шорина, 2009). Ее воздействие на растительный покров и почвенные микроорганизмы наиболее заметно в первое время после разливов нефти. Полиароматические углеводороды обладают сильным фитотоксическим действием и способны накапливаться в тканях, что было доказано на примере видов-эдикаторов нескольких типов растительных сообществ тундр, таких как ива сизая, карликовая береза, водяника, осока острая и водная, некоторых представители кладониевых (Armstrong, 2012; Hopkins et al., 2014; Yakovleva et al., 2014). Поступление ПАУ приводит к существенному сокращению видового разнообразия аквальной флоры (Степаньян, Воскобойников, 2006), особенно в прибрежных областях северных морей (Muir et al., 1992; Yunker et al., 1995; Воскобойников и др., 2006). У наземных растений также наблюдаются ухудшение фотосинтеза (Михайлова и др., 2015). Наиболее чувствительны к ПАУ лишайники и листостебельные мхи (Демин и др., 2012), также отмечается их аккумуляция такими тундровыми видами, как *Betula nana*, *Ledum decumbens* и *Ledum palustre* (Ekonomiuk et al., 2003; Опекунова и др., 2007; Яковлева, Габов, 2012).

При оценке и мониторинге изменений природных ландшафтов под воздействием промысла углеводородов используется ряд методов, в том числе биоиндикация. Зарекомендовавшим себя методом является изучение видового состава микробных сообществ почв с выделением доли нефтеоокисляющих микроорганизмов (Звягинцев и др., 1989; Бузмаков, 2014), также изучается разнообразие почвенных водорослей, чувствительных к загрязнению (Штина, 1990). Собран материал о реакции альгофлоры северных регионов, в частности Большеземельской тундры, на антропогенные воздействия, в том числе и загрязнение углеводородами (Гецен и др., 1994). При изучении длительных процессов, связанных с изменением растительных сообществ, деградацией многолетнемерзлых пород, воздействием промысла на процессы термоабразии и заболачивания оптимально сопоставление

разновременных космических и аэрофотоснимков (Быкова, 1995; Масленников и др., 2003; Корниенко и др., 2005; Корниенко, 2011; Kershaw, 1986; Walker et al., 1987, Kumpula et al., 2010). Также данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут успешно использоваться для подсчета вегетационных индексов NDVI и ARVI с целью мониторинга состояния растительности в зоне воздействия промысла (Московченко, 2010; Токарева, Касьянов, 2011).

1.2. Изменение свойств почв под воздействием химического загрязнения и механических нарушений

Фундаментальные работы М.А. Глазовской (1981, 1986) определили развитие геохимических исследований техногенных ландшафтов и их потенциала к самовосстановлению. Итоговый анализ проблем трансформации почв под воздействием нефти и засоленных буровых растворов содержится в работах Н.П. Солнцевой (1998). Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде – в трудах Ю.И. Пиковского (1993), в целом геохимии полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах – в труде А.Н. Геннадиева, Ю.И. Пиковского и В.Н. Флоровской (1996) и ряде других работ. К настоящему времени накоплен огромный объем работ, посвященных различным аспектам трансформации почвенного покрова при добыче и транспортировке углеводородного сырья.

При нефтяном загрязнении, прежде всего, существенно изменяются морфологические признаки почвы. Для загрязненных почв характерен более темный цвет по сравнению с незагрязненными аналогами, большая плотность, наличие маслянистых пленок по граням структурных отдельностей в иллювиальных горизонтах, усиление оглеения в нижней части профиля почв. В нефтезагрязненных почвах преобладают черные, серо-коричневые оттенки в верхней части профиля и темно-бурые, коричнево-бурые, буро-охристые – в нижней (Шамраев, Шорина, 2009). Изменение подвижности железа и марганца приводит как к увеличению охристых пятен и примазок, свидетельствующих об ожелезнении (Трофимов, Розанова, 2002), Fe-Mn пленок так и сизых пятен - цветового признака оглеения.

Гидрофобные свойства нефти являются причиной увеличения доли водопрочных агрегатов в почве, росту объёмной массы, нарушению структуры почвенных горизонтов, приводят к нарушению водно-воздушного режима и формированию восстановительных анаэробных условий. Низкая водопроницаемость и водоемкость, снижение гигроскопической влаги в профиле и недостаточная его аэрация приводят к гибели растительного покрова (Логинов, 2000).

Вскоре после поступления в почвы нефтепродуктов и пластовых вод во всех природных условиях наблюдаются трансформация почвенного поглощающего комплекса и подщелачивание. При этом возникают как относительно незначительные колебания pH (на 0,5-1,5 ед.) в почвах с насыщенным поглощающим комплексом, так и на 3-4 и более единиц в

любых почвах гумидных ландшафтов. В почвах, загрязненных углеводородами, уменьшается содержание подвижного фосфора, обменного калия, изменяется соотношение форм азота. Изменения азотного режима почв проявляются в изменении соотношения углерода и азота, в нефтезагрязненной почве отношение C: N составляет от 50 до 400-420 в зависимости от типа почвы и уровня загрязнения, при их обычном соотношении 10-20, что приводит к нарушению корневого питания растений и угнетению некоторых групп бактерий (Габбасова и др., 1997). Уменьшение содержания фракций гуминовых кислот и свободных фульвокислот и увеличение доли негидролизуемого остатка свидетельствуют о изменении состава гумуса. Массовое содержание углерода в нефти составляет 83-87%, что приводит к росту его содержания в почвах при разливах нефти.

В профилях нефтезагрязненных почв возникают две разнонаправленные группы процессов: 1) физико-химическая и биологическая деструкция нефтяных углеводородов; 2) взаимодействие нефти и нефтепродуктов с почвенными органическими соединениями и минеральными компонентами (Gundlach, Hayes, 1978; Payne, McNabb, 1991; Солнцева, 1998; Травникова и др., 2001; Del'Arco, De Franca, 2001; Mohn et al., 2001; Трофимов, Розанова, 2002, Андреева, 2005; Оборин и др., 2008). Углеводороды с течением времени трансформируются в окисленные соединения: карбоновые кислоты, кетоны, альдегиды, спирты, эфиры, производные ароматических соединений. В условиях недостатка кислорода некоторые соединения являются токсичными (Звягинцев и др., 2002; Пиковский и др., 2003; Марфенина, 2005; Назаров, 2007).

В почвенно-геохимических условиях (избыточное увлажнение, преимущественно анаэробные условия), характерных для нижних горизонтов полугидроморфных и гидроморфных почв, трансформация углеводородов может идти по пути неполного их окисления, приводя к увеличению фракции липидов в почвах (Лисовицкая, Можарова, 2013).

Большую сложность представляет собой вопрос нормирования содержания нефтепродуктов в почвах. Необходимости учета фоновых концентраций, полноты экологических функций почв, воздействия на биоту и региональных особенностей приводят к формированию нескольких точек зрения по этому вопросу. В настоящее время величина биологически безопасных концентраций нефти и нефтепродуктов в почве, выше которого наступает ухудшение качества природной среды, или предел допустимой концентрации (ПДК) в России не установлен. Безопасной концентрацией этих продуктов в почвах и грунтах считается 1 г/кг (Герасимова и др., 2003; Трофимов, Прохоров, 2006; Водянова, 2013).

1.3. Закономерности радиального и территориального распределения нефтяных загрязнений

Интенсивность внутрпочвенной миграции нефти и сопутствующих веществ определяется характером ландшафтно-геохимических барьеров. Многочисленными исследованиями установлено (Солнцева, 1998; Солнцева, Садов, 1997, 1998; Геохимические

барьеры..., 2002; Геннадиев, 2009), что наиболее емкими биогеохимическими барьерами являются торфяные горизонты, где содержание битуминозных веществ может составлять 500-600 мг/кг сухой массы (Братцев, 1988; Герасимова и др., 2003). При этом запасы аккумулированных загрязняющих веществ находятся в прямой зависимости от мощности этих горизонтов. Высокие концентрации углеводородов в торфяных горизонтах почв тундрово-таежных ландшафтов России и мира отмечались и в других работах (Collins, 1993; Московченко, 1998, 2010; Солнцева, 1998; Солнцева, Садов, 1998; Аветов, Шишконокова, 2011).

Наиболее сильное загрязнение почвы фиксируется при поступлении сырой и товарной нефти (>450,0 г/кг). Повторное загрязнение нефтепродуктами и нефтяными шламами усложняет радиальное распределение нефтепродуктов в профиле, может наблюдаться смещение максимума концентрации битуминозных веществ (БВ), который может превышать 600 г/кг почвы (Солнцева, 1981; Солнцева, Садов, 1998). Наиболее высокие содержания нефтепродуктов в донных отложениях аквальных ландшафтов на территории нефтепромыслов характерны для детритных (370 мг/кг), илистых (89 мг/кг) и илисто-песчаных (37 мг/кг) отложений (Воробьев, 2003).

Эффективная пористость минеральных горизонтов почв максимальна для субстратов легкого гранулометрического состава, удерживающих БВ в количествах до десятков г/кг почвы (Пиковский, 1993; Солнцева, Садов, 1998). В тяжелых суглинистых почвах концентрация БВ не превышает нескольких г/кг, что обусловлено слабой проницаемостью таких субстратов для крупных молекул БВ из-за низкой эффективной пористости.

Неодинаковая нефтеемкость отдельных горизонтов почв с разными гумусированностью и гранулометрическим составом определяет контрастность внутрипочвенного распределения нефтепродуктов. По разным оценкам (Collins, 1993; Солнцева, 1998; Травникова и др., 2001; Трофимов и др., 2008а, 2008б; Дорохова, Солнцева, 2012) она достигает двух - четырех математических порядков.

Накопление БВ в гумусовых и органогенных горизонтах сопровождается загрязнением тяжелыми металлами, которые входят в состав буровых растворов и нефти. Обобщенные показатели микроэлементного состава поверхностных горизонтов почв на участках бурения на полуострове Ямал (Бованенковское, Харасавэйское, Малыгинское и Новопортовское месторождения) свидетельствуют о формировании техногенных геохимических аномалий, характеризующихся резким возрастанием концентрации Ba, Sr, Zn и Pb (рис. 2).

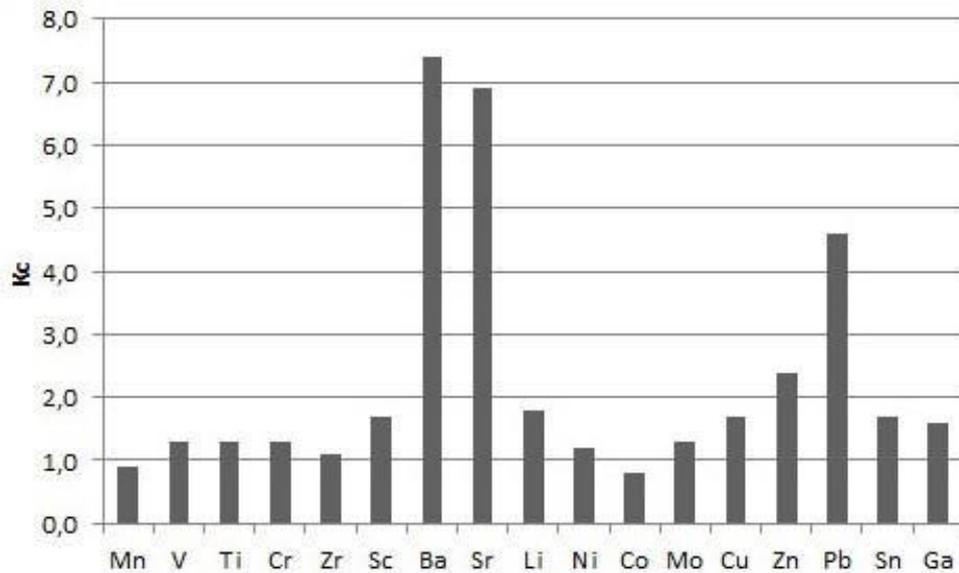


Рис. 2. Коэффициенты концентрации микроэлементов (Kc) относительно фона в поверхностных горизонтах почв на участках буровых работ, полуостров Ямал (n=230) (Московченко, 2010)

Данные химические элементы в разной степени доступны для растений и превышение их концентрации приводит к различным последствиям для флоры. Подробно изучено накопление растительностью свинца при его поступлении с эмиссиями от автотранспорта (Нестерова, Гелетюк, 1981; Лим, 2010 и др.). Свинец может аккумулироваться растениями, в том числе и его радиоактивный изотоп ^{210}Pb (Persson et al., 1974, Вардуни и др., 2014). Увеличение его концентрации в почвах приводит к подавлению образования АТФ растениями, прекращению деления клеток корня, снижению активности фотосистемы I и II (Затонская и др., 1981). Поступающие при бурении скважин свинец и кадмий также демонстрируют способность к транслокации из почвы растениями (Ревич, 2007). Максимальны концентрации тяжелых металлов в корнях, корнеплодах, клубнях, несколько меньше - в надземных зеленых органах и еще меньше - в плодах (Теплая, 2013).

В органогенных горизонтах почв холодных гумидных ландшафтов происходит аккумуляция более тяжелых высокомолекулярных компонентов нефти, содержащих смолисто-асфальтеновые вещества и циклические соединения (Пиковский, 1993; Солнцева, Гусева и др., 1996; Солнцева, Садов, 1998; Русанова, 2000; Reddy, 2002; Peterson, 2003; Аветов, Шишконокова, 2011; Пиковский и др., 2012, 2014; Качинский, 2013; Качинский и др., 2014). Эти углеродистые соединения плохо разлагаются и ухудшают водно-физические свойства почв.

Глеевые горизонты тяжелого гранулометрического состава, близко залегающие к поверхности почвенно-грунтовые воды и кровля многомерзлых пород являются примерами барьеров-экранов, которые в сочетании с биогеохимическими и сорбционными барьерами играют важнейшую роль в накоплении легких углеводородов (метаново-нафтенные и *n*-алканы) в почвах мерзлотно-тундрово-таежных ландшафтов. Они обычно залегают на глубинах

30-70 см и существенно ограничивают внутripочвенную радиальную миграцию углеводородов, переводят поллютанты в латеральный сток (Солнцева, 1998; Солнцева, Садов, 1998; Качинский и др., 2014). При этом мерзлота и грунтовые воды могут существенно изменять свое положение в вертикальном профиле почв в течение года, что приводит к изменению объема загрязненного почвенного пространства (Солнцева, Садов, 1998; Качинский, 2013; Качинский и др., 2014). Радиальная и латеральная «подвижность» ореолов загрязнения является универсальной закономерностью техногенного преобразования почв и почвенного покрова в районах добычи углеводородного сырья (Солнцева, Садов, 1998; Солнцева, 1998). Глубина максимально возможного просачивания нефти и нефтепродуктов до 8,5 м достигает в почвах и ТПО легкого гранулометрического состава (Солнцева, 1998; Герасимова и др., 2003).

Территориальная неравномерность распределения нефтяного загрязнения выявляется при отборе проб по определенной сетке, заложении профилей с учетом рельефа, строения почвенного покрова, геолого-структурных и литологических особенностей территории, размещения основных растительных формаций. Это позволяет выявить основные черты ландшафтно-геохимических сопряжений и миграции загрязнителей в почвах и подпочвах. В целях теоретического анализа территориальной неоднородности размещения загрязнителей Ю.И. Пиковским, А.Н. Геннадиевым с соавторами (2009) предложены понятия геохимического углеводородного поля и углеводородного состояния почв. Предложено различать следующие разновидности полей: биогеохимический фон (вне месторождений и зон загрязнений), глубинно-эманационное (миграция газов из недр), субповерхностно-эманационное (эманации газов и паров из подпочвенных потоков углеводородных поллютантов), инъекционное нефтяное (разливы нефти и НП на поверхности почв).

Миграция загрязнителей на территории промысла зачастую приводит к их попаданию в природные воды и донные отложения. Аквальные ландшафты (АЛ) представляют собой сложные динамические системы, которые аккумулируют твердые и растворенные вещества, выносимые из расположенных гипсометрически выше автономных, транзитных и супераквальных ландшафтов. АЛ включают в себя водную массу, живое вещество, донные илы и занимают различные формы подводного рельефа (Перельман, Касимов, 1999). В аквальные ландшафты в сфере воздействия промысла поступают нефть и нефтепродукты, ПАУ (3,4-бензпирен и др.), фенолы, соединения серы (свободная сера, сероводород, сульфаты, меркаптаны и др.), V, Ni, Br, J, B, Hg (Перельман, Касимов, 1999). Малые реки, протекающие на территории месторождений, испытывают существенное подщелачивание, вплоть до 9 и более единиц pH (Гагарина, Алешкин, 2011). В воде наблюдается повышенное содержание аммония, общего железа (Тигеев, 2012). Другим распространенным последствием углеводородного загрязнения является эвтрофикация водоемов. Избыток аммонийного азота и фосфатов

приводит к повышению биологического поглощения кислорода (БПК) (Тигеев, 2012). Одним из наиболее распространенных загрязнителей, связанных с воздействием промышленных стоков, являются фенолы. В естественных условиях они образуются в процессах биохимического распада и трансформации органических веществ, прежде всего растительных остатков, протекающих в воде, донных отложениях, почвах. Реки ряда регионов нефтедобычи, например, в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО), отличаются повышенным уровнем фенольного «фона», а концентрация фенолов зачастую превышает ПДК в 2–3 раза (Московченко, 2004). Вместе с разливами пластовых вод в водные объекты поступают легкорастворимые хлоридные соли.

Отмечаются более высокие уровни содержания нефтепродуктов в малых реках, водосбор которых находится на территории долгое время эксплуатируемых месторождений. Загрязнение водоемов обусловлено высокой аварийностью «старых» месторождений (Воробьев, Попков, 2005). Действительно, степень загрязнения даже крупных речных систем, таких как Обь и ее притоки, может варьировать в зависимости от уровня аварийности на объектах нефтедобычи (Валеева, Московченко, 2002). Наиболее интенсивный смыв нефтепродуктов в речную сеть происходит в период весеннего половодья, когда сток формируется на всех геоморфологических уровнях (Петров, 1978).

Донные отложения могут долгое время сохранять высокое содержание углеводородистых веществ, являясь источником вторичного загрязнения природных вод (Солнцева, 1998).

1.4 Формирование техногенных почв и почвоподобных тел в районах добычи углеводородного сырья

В сфере влияния техногенных потоков углеводородов в любых физико-географических условиях происходит превращение исходных почв (минеральных и органогенных) автономных и подчиненных ландшафтов в техногенно обусловленные модификации, обладающие сочетанием свойств, которые практически не встречаются в условиях «нормального» почвообразования. Механическое воздействие приводит к формированию разнообразных абраземов, появлению почв с двучленным строением профиля, верхняя часть которого зачастую представлена маломощной дерновой почвой, развивающейся на техногенном субстрате. При разливах нефти и сточных вод формируются различные по химизму углеводородного загрязнения хемоземы и техногенные солончаки (Солнцева, 1981, 1998; Аветов, Шишконокова, 2011).

В западной части Большеземельской тундры, вблизи дельты р. Печоры, на северной границе подзоны гипоарктических тундр фоновые почвы (тундровая иллювиально-гумусовая оподзоленная, подбур, торфяно-тундровая иллювиально-гумусовая, тундровая остаточно-

перегнойно-торфяная мерзлотная) замещаются хемодеградом песчаным, хемодеградом мерзлотным и хемодеградом торфяным (Русанова, 2000; рис. 3).

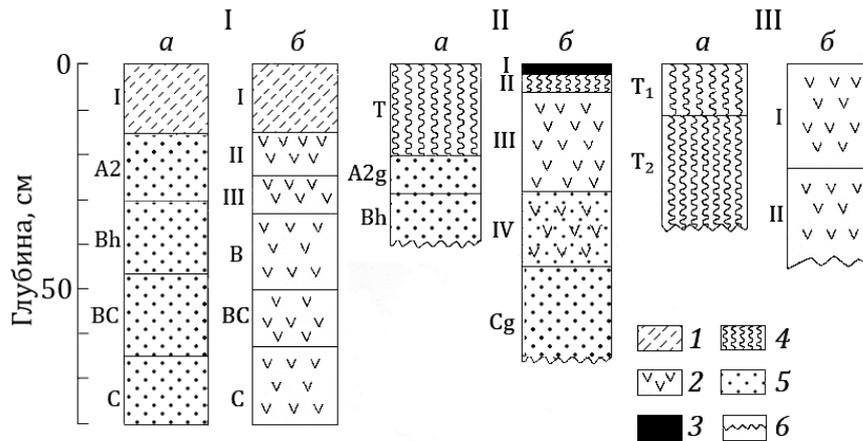


Рис. 3. Морфологическое строение фоновых (а) и химических преобразованных (б) почв Большеземельской тундры (Ванейвисское месторождение, Русанова, 2000). Почвы: I: а - тундровая иллювиально-гумусовая оподзоленная; б - хемодеградом песчаный; II: а - торфяно-тундровая иллювиально-гумусовая; б - хемодеградом мерзлотный; III: а - тундровая остаточно-перегнойно-торфяная мерзлотная; б - хемодеградом торфяной. Обозначения: 1 - нанос; 2 - загрязнение НП; 3 - битуминозная корка; 4 - торф; 5 - песок; 6 - граница мерзлоты.

Для нарушенных участков промыслов характерны необычные почвенные сочетания и пятнистости, а также происходит резкое усиление контрастности почвенного покрова за счет формирования почв, геохимические свойства которых существенно отличаются от зональных почвенных разностей. Основные эволюционные тренды трансформации почв холодных гумидных ландшафтов в зоне нефтегазового техногенеза приводятся в работе Н.П.Солнцевой (2002).

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объекты и предмет исследования.

Объектами данного исследования служат экосистемы дельтовой области реки Печоры, как подвергшиеся техногенному воздействию промысла углеводородов, так и находящиеся в условно фоновых условиях за границами лицензионного участка Кумжинского газоконденсатного месторождения. На полевом этапе работ изучались почвы, донные отложения, выполнялись описания растительных сообществ.

В пределах района работ было выделено два комплекса ландшафтов: непосредственно пойменный, с преобладанием интразональных формаций, и тундровый, представленный зональными ландшафтами. Они различаются по составу материнских пород и формирующихся на них почвах и растительности. Зональные растительные сообщества и почвы встречаются на относительно малой площади в пределах дельты Печоры, занимая останцы речных террас. Был изучен ряд ключевых участков, различающихся по степени нарушенности: условно-фоновые и трансформированные в результате безаварийного функционирования скважин в пределах поймы и останцов речных террас, а также аварийный. Расположение участков работ относительно границ заповедника и месторождения отображено на карте фактического материала (Приложение 1) и на рисунке 4.

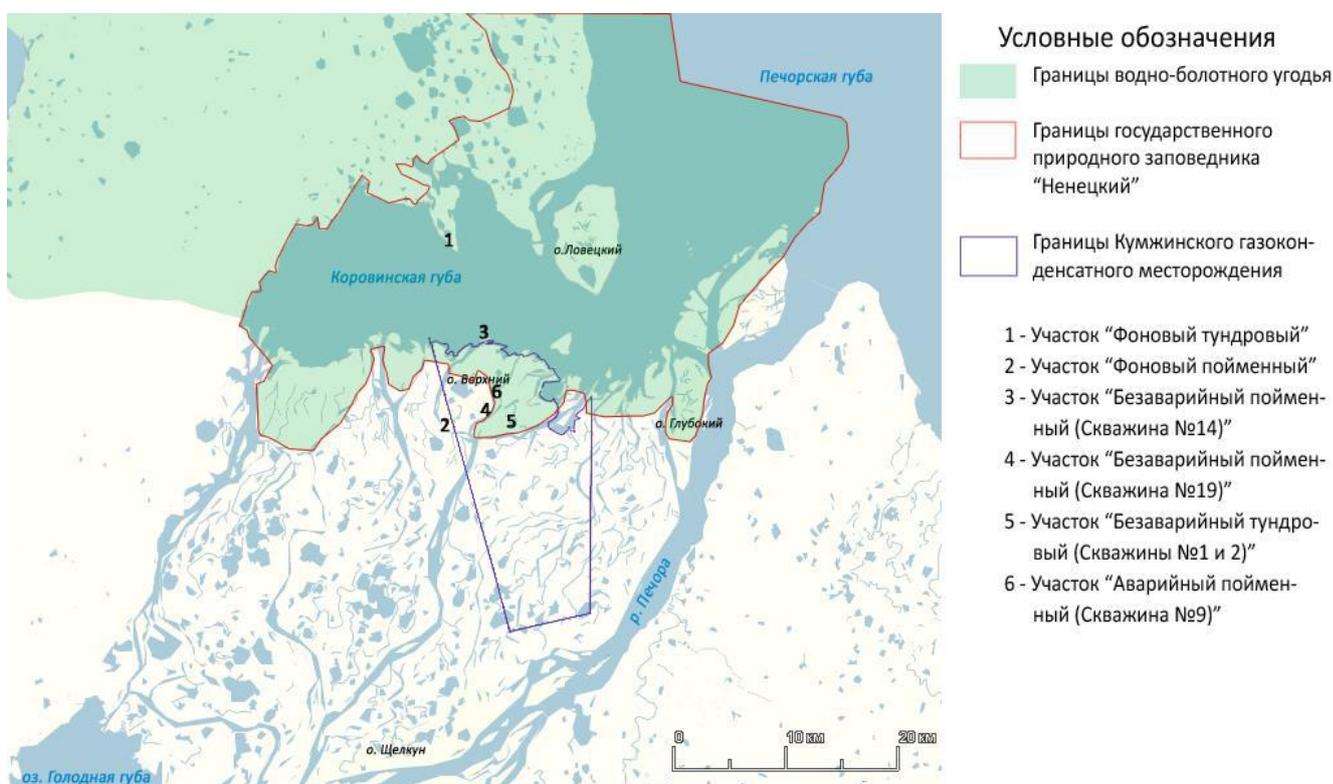


Рис. 4. Географическое расположение объектов исследования.

Для определения степени экологической опасности загрязнения почв нефтепродуктами использовались нормативы, принятые для Ненецкого автономного округа (таблица 1). Данные нормативы учитывают положение территории в пределах Тимано-Печорского нефтегазового

бассейна, который характеризуется несколько повышенным фоновым содержанием нефтепродуктов в почвах, водах и донных отложениях (Пиковский, 1993; Солнцева, 1998). Кроме того, нормирование выполнено с учетом дифференциации содержания в зависимости от категории использования земель и типа почв.

Таблица 1.

Региональные нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах и грунтах для условий Крайнего Севера (Региональные нормативы допустимого остаточного содержания нефтяных углеводородов..., 2011)

Категория использования земель	Надтиповая группа почв	Типы почв	Нормативы для Ненецкого АО, г/кг
Водного фонда	Органогенные	Торфяно-болотные	1,0
	Органоминеральные	Илы (алевриты глины)	0,75
	Минеральные грунты	Пески	0,12
Промышленного (строительного)	Органогенные	Торфяно-болотные	25-30
	Органоминеральные	Все типы почв	15-20
	Антропогенные почвоподобные		
	Минеральные грунты		
Особо-охраняемых территорий	Органогенные	Торфяно-болотные	3-5
	Органоминеральные	Все типы почв	0,75-1
	Антропогенные почвоподобные		0,75-1
	Минеральные грунты		

2.2. Методы исследования

В исследовании применялись географические, геохимические, картографические и статистические методы. Автором в 2011 и 2013 годах на полевом этапе были выбраны пробные площади, отобраны образцы почв (38 опорных разрезов, 40 проб) и донных отложений (23 пробы). Выполнены геоботанические описания для 67 площадок, в 2013 году проводился также отбор проб осои воды (8 проб). На камеральном этапе в 2011 году, как отмечалось выше, совместно со студенткой географического факультета МГУ К.В. Кочи, автор провел первичную обработку проб почв в соответствии с методическими указаниями (Аринушкина, 1970, Кречетов, Дианова, 2009), определил содержание легкорастворимых солей, нефтепродуктов и рН в образцах почв и донных отложений. Многие другие работы, такие, как участие в подготовке проб для последующих анализов, обработка данных дистанционного зондирования

земли (ДЗЗ), математическая обработка результатов анализов и геоботанических описаний, также выполнены автором.

Подбор серии эталонных объектов осуществлялся с учетом прошлых исследований, проводившихся на территории заповедника (Шиманский, 2004; Комплексная..., 2009), на основе изучения космических снимков и карт, а также обзорных маршрутных исследований, выполненных автором в 2011 году. При выборе места для заложения катены учитывались условия рельефа и смена растительных ассоциаций по мере удаления от скважин. Основные закономерности трансформации почв были выявлены в результате детального изучения морфологических свойств почв, вскрытых в заложенных разрезах, и были подтверждены общепринятыми химическими показателями. Морфологические описания почв имеют особое значение при описании и диагностике техногенно-трансформированных почв, отличающихся уникальным набором качеств: наличием новообразований и включений, контрастными пятнами и горизонтами сизых и темных тонов, индивидуальным набором горизонтов (Глазовская, 1986). При заложении почвенного разреза выполнялось типовое геоботаническое описание растительной ассоциации на площади в 1 м² (Смирнова и др., 2002), отмечались изменения в морфологии растений. Помимо этого, в 2013 году описана растительность катен на основных участках работ методом профилей на основе линейной трансекты (Смирнова и др., 2002), а также проведено полевое картографирование контуров растительных сообществ, выделенных с использованием доминантного подхода. Номенклатура сосудистых растений приводится в соответствии с источником: «Флора северо-востока европейской части СССР тома 1-4 (1974-1977)». В качестве полевого определителя использовалась работа О.В. Лавриненко и И.А. Лавриненко (2010).

На лабораторном этапе автором были выполнены следующие виды анализов (Таблица 2).

Таблица 2.

Виды и объем аналитических работ за 2011 и 2013 гг.

ВИД АНАЛИЗОВ	Почвы	Донные отложения
Содержание водорастворимых солей и щелочно-кислотные условия	126	21
Остаточное содержание нефтепродуктов	118	12
Содержание гумуса (по Тюрину)	60	
Содержание Ni, Pb, Mn, Zn, Cu, Co	43	8
Качественный состав солей	12	3
ВСЕГО:	126	21

Также в 2013 г. проводился анализ содержания Ni, Pb, Mn, Zn, Cu, Co в 8 пробах осоки *Carex aquatilis*.

Определение щелочно-кислотной реакции проводилось потенциометрическим методом, а концентрации ионов кальция и магния, а также сульфат-иона - комплекснометрическим (Кречетов, Дианова, 2009). Содержание ионов натрия и калия с определялось пламеннофотометрическим методом (Аринушкина, 1970), бикарбонат-ионов - путем титрования взятого объема вытяжки кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого до перехода желтой окраски индикатора в оранжевую. Органический углерод автором определялся по методу И.В. Тюрина. При анализе проб на общее содержание нефтепродуктов использована методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв на анализаторе жидкости «Флюорат-02» ПНД Ф 16.1.21-98. В почвах и растительности определялось содержание подвижных форм металлов методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Математическая обработка данных о химических свойствах почв и донных отложений аварийного участка включала определение среднего, максимального и минимального значений, медианы и моды. Был выполнен двухфакторный кластерный анализ выборки по таким показателям, как щелочно-кислотные условия и остаточное содержание нефтепродуктов, и оценены коэффициенты корреляции между ними. Обработка данных осуществлялась с использованием Microsoft Excel и SPSS Statistics.

Обработка геоботанических описаний выполнялась также с использованием указанных программ. Результаты полевых описаний представлены в виде таблиц с указанием списка видов для каждой растительной ассоциации, их обилия по шкале Друде и в процентах проективного покрытия. Значения обилия по шкале Друде были переведены в проценты проективного покрытия по методике, описанной в работе Д. А. Шахина и В. Б. Куваева (2000). Для каждого из видов указаны жизненная форма, принадлежность к широтной группе и ярусу по литературным данным (Секретарева, 2004). Посчитан коэффициент Жаккара, показывающий флористическое сходство двух пробных площадок, по следующей формуле:

$$K_j = \frac{c}{a + b - c}$$

где

a — количество видов на первой пробной площадке, b — количество видов на второй пробной площадке, c — количество видов, общих для 1-й и 2-й площадок.

Для интерпретации и анализа пространственных данных, полученных в результате наблюдений, использовались геоинформационные системы и данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Как известно, применимость ДДЗ ограничивается разрешением доступных космических снимков и метеоусловиями в период, когда проводилась съемка. Для данной работы автором использовались снимки Landsat 5, 7 и 8 из каталога на сайте

Геологической службы США (United States Geological Service) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) и снимки сервиса Google Maps. Данные снимки Landsat, полученные с помощью мультиспектрального сканера (MSS), имеют разрешение до 30 м, и до 15 м для панхроматического канала высокого разрешения, ставшего доступным с Landsat 7. Данные Landsat 5 доступны с 1984 года, Landsat 7 и 8 с 1999 и 2013 соответственно. Также анализировались снимки Landsat 2 и 4, с разрешением до 60 м (MSS), архив которых доступен с 1975 по 1994 год.

С целью изучения многолетней динамики растительного покрова на первом этапе работы дешифрировались снимки за период полевых работ, а также снимки с оптимально низкой облачностью за прошлые годы. На основе использования ArcMap проводилась классификация объектов (открытые пески, водная поверхность, различные типы растительных сообществ) и дальнейшая генерализация контуров занимаемых ими площадей. После нанесения на карту водных объектов с помощью инструментов Spatial Analyst были выделены границы водоохранных зон на исследуемой территории. Также данные ДЗЗ использовались для характеристики температуры поверхности.

Был проведен подсчет нормализованного относительного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI), показывающего количество фотосинтетически активной биомассы. Вычисляется он по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где

NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра

RED - отражение в красной области спектра

Для снимков Landsat 5 и 7 это 4 и 3 каналы соответственно, для Landsat 8 – 5 и 4 каналы (<http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>). Использование NDVI также является вспомогательным средством при дешифрировании не связанных с растительностью объектов, благодаря особенностям их отображения (Шарикалов, Якутин, 2013). Имеющие фиксированное значение NDVI объекты могут быть идентифицированы по этому параметру (Таблица 3)

Таблица 3

Референтные значения NDVI для некоторых типов объектов (Asner et al, 2003).

Тип объекта	Значение NDVI
Густая растительность	0,7
Разряженная растительность	0,5
Открытая почва	0,025
Облака	0

Снег и лед	-0,05
Вода	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	-0,5

Метод имеет свои недостатки, поэтому для расчета таких показателей, как продуктивность и биомасса необходима радиометрическая коррекция данных, выполняемая либо статистически, либо с использованием полевых данных.

После совмещения и привязки полевых данных с описаниями трансект и данных ДЗЗ выполнялось составление карт растительных сообществ. Их оформление (добавление данных о масштабе, координатной сетки, легенды) проводилось в ESRI ArcMap с незначительной доработкой в Adobe Photoshop.

Таким образом, при оценке воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения на компоненты экосистем в дельте Печоры использовались методы, нацеленные на выявление пространственных и временных изменений в морфологической структуре растительного покрова, морфологических и химических свойств почв и донных отложений.

ГЛАВА 3. УСЛОВИЯ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ. ИСТОЧНИКИ ТЕХНОГЕННЫХ НАРУШЕНИЙ

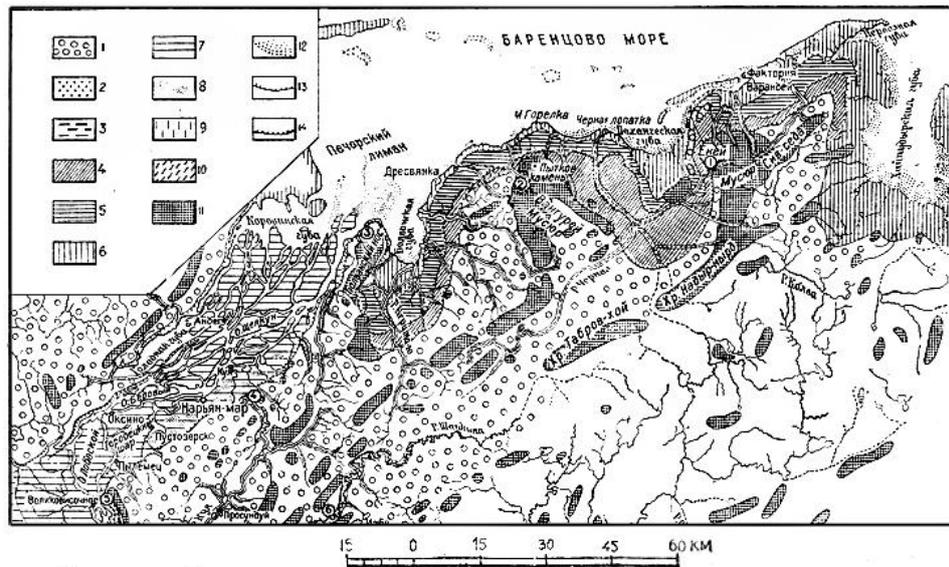
3.1. Природные факторы миграции и аккумуляции загрязняющих веществ

Район исследований принадлежит к Малоземельской-Большеземельской провинции зоны тундры и лесотундры Русской равнины (Гвоздецкий, 1968). Отличительными чертами ее географического положения являются нахождение за Полярным кругом в дельте крупной реки, на южной границе тундровых ландшафтов и островного распространения многолетнемерзлых пород (Nelson, Anisimov, 1993). Для данной территории, характерны, что отмечалось выше, как зональные тундровые ландшафты, встречающиеся по останцам террас, так и интразональные пойменные. Этот факт определяет местную специфику миграции и аккумуляции поллютантов в почвах и донных отложениях, а также различную реакцию фитоценозов на техногенное воздействие.

3.1.1. Геологическое строение и рельеф.

Исследуемая территория принадлежит к Печорской депрессии, с запада ограниченной Тиманским кряжем, а с востока – Уралом и хребтом Пай-Хой (Геология СССР, 1963). Это слабохолмистая равнина, отличающаяся достаточно сложной историей геологического развития. Глубина залегания фундамента увеличивается с запада на восток: в юго-западной части Печорской впадины фундамент погружен на 2—4 км, а в ее северо-восточной части (Большеземельской зоне) — до 5—9 км (Милановский, 1996; Карта дочетвертичных..., 2001). В разных горизонтах чехла Печорской впадины — от силура до триаса — обнаружен и частично эксплуатируется ряд нефтяных (Вуктыл и др.) месторождений (Стратиграфия СССР. Триасовая система, 1973). К локальным структурам каменноугольных и пермских отложений также приурочены газовые месторождения.

Отложения четвертичного возраста очень разнообразны как по происхождению, так и по литологическому составу, их мощность увеличивается к северу (Краснов, 1947). На севере распространены морские отложения голоцена и верхнего плейстоцена, а ледниковые, озерно-ледниковые, флювиогляциальные на всей территории Большеземельской и Малоземельской тундр (рис. 5). Именно их разнообразие и определяет современный рельеф исследуемой территории. Его сформировали неотектонические движения амплитудой не более 200-250 м., охватившие 65-25 млн. лет назад всю территорию округа.



Условные обозначения

1 — морена второго оледенения; бурый и серый валунный суглинок; 2 — позднеледниковые флювиоглициальные отложения; пески и галечники; 3 — позднеледниковые, озерно-ледниковые отложения; глины и пески; 4 — поздне- и послеледниковые морские отложения; террасы от 30 до 50 м; 5 — послеледниковые морские отложения; терраса 15–20 м; 6 — послеледниковые морские отложения; террасы от 0 до 5 м, так называемая «мура»; 7 — послеледниковые аллювиальные озерные отложения; комплекс перемежающихся песков и глин; 8 — золотые отложения; пески; 9 — элювиально-делювиальные отложения; 10 — элювиальные отложения; 11 — холмисто-моренный ландшафт; 12 — отмели вдоль морского побережья. 13 — главнейшие террасовые уступы; 14 — главнейшие обнажения. Номера в кружках на карте соответствуют номерам на таблице геологических разрезов.

Рис. 5. Фрагмент карты четвертичных отложений западной части Большеземельской тундры (Краснов, 1947).

В четвертичном периоде территория попадала в зону воздействия Новоземельско-Карско-Баренцевоморского ледника в Днепровское и Валдайское время, и Скандинавского – в Московское время (Лавров, Потапенко, 2005). Наблюдавшиеся в это время трансгрессии моря также сказались на составе отложений. На этом основании Ю.А. Ливеровский (1974) Малоземельскую тундру относит к категории прибрежных равнин смешанного типа.

Ледниково-морские отложения среднего и верхнего плейстоцена распространены очень широко и представлены плотными песчанистыми алевритами с включениями гравия, гальки и валунов (Геологическая карта, 1966). Роль доминантов в ландшафтообразовании Большеземельской тундры и севера Западной Сибири играли трансгрессии и регрессии моря, определявшие состав пород и скорость осадконакопления (Калецкая, 1961; Попов, 1961). Также изменялось положение дельты Печоры: после отступления Новоземельско-Карско-Баренцевоморского ледника уровень моря был ниже современного, и долина Пра-Печоры доходила до пролива Карские Ворота (Levitan et al., 2000).



Рис. 6. Яреи (фото автора)

Морские отложения голоценового возраста распространены на мелководном шельфе (о. Ловецкий) и представлены песками мелкозернистыми и пылеватыми с примесью алеврита и пелита желтовато-серого цвета. Мощность этих отложений в пределах Печорского шельфа – не более 7 м. (Безроднов, 1966). В тундровой зоне, охваченной в

четвертичное время оледенениями, песчаные территории представлены в основном флювиогляциальными, озерно-аллювиальными, ледниковыми осадками, а также отложениями бореальных морских трансгрессий. Рельеф песков здесь формировался в основном под воздействием текучей воды, тающего и погребенного (мертвого) льда (Гаель, Смирнова, 1999). В местах их выхода на поверхность формируются так называемые яреи – песчаные дюны. Подобные формы рельефа характерны для аккумулятивных морских равнин, где наблюдается чередование небольших котловин выдувания и сложенных песками останцов, достигающих иногда высоты 3 м. Один из ключевых участков, расположенный на полуострове Костяной Нос, попадает в зону распространения подобных форм рельефа (рис. 6). Впрочем, по новым данным (Астахов, Свенсен, 2011) пески полуострова Костяной Нос могут иметь нивейно-эоловое происхождение, на что указывают отсутствие следов водной сепарации и очень узкий гранулометрический диапазон – от мелкого песка до крупного алеврита и окисные тона окраски.

Наиболее распространенными на территории Ненецкого заповедника являются аллювиальные отложения голоценового возраста. Данный тип отложений представлен преимущественно осадками низкой и высокой пойм. Отложения первой надпойменной террасы (высотой до 3 м) прослеживаются фрагментарно. Мощность аллювиальных песков, легких супесей и суглинков составляет 0,5-1,5 м. Исследуемая территория за исключением одного из ключевых участков находится в дельте реки Печоры. Среди озер и болот, занимающих внутренние участки островов дельты, сохранились фрагменты системы протоков, не согласующейся с современной, а также останцы разрушенных эрозией прирусловых валов. Абсолютные высоты здесь не превышают 10 м. Пойменно-русловая часть долины относится к наиболее динамичным формам рельефа.

Важным фактором, формирующим рельеф, выступает наличие многолетнемерзлых грунтов. Район в целом характеризуется распространением как сливающихся, так и

несливающихся мерзлых толщ. Верхняя граница сливающихся мерзлых толщ смыкается со слоем сезонного протаивания. Несливающиеся мерзлые толщи характеризуются опущенной кровлей многолетнемерзлых пород (ММП) на глубину от 5 до 50 м. По характеру площадного соотношения сливающихся и несливающихся мерзлых толщ в пределах района выделяют участки:

- прерывистого распространения (ММП занимают более 50 %),
- островного распространения (ММП занимают 10%).

Многолетнемерзлые породы на пойме голоценового возраста под ивняками и заменившими их из-за деятельности человека луговинами отсутствуют, а мощность слоя сезонного промерзания составляет 0,6 – 1,2 м в зависимости от условий увлажнения. На заболоченных участках в результате нестационарного температурного режима активно протекает процесс новообразования ММП, который проявляется в виде небольших по площади и высоте современных бугров пучения. В среднем процессом пучения поражено около 20 % площади болот и заболоченных земель. Мощность ММП на данных участках предположительно (без данных бурения) составляет от 3,0 до 10,0 м., а сезонно талого слоя 0,4 – 0,6 м. На болотах, где не отмечается процессов новообразования ММП, мощность сезонно мерзлого слоя в зависимости от условий увлажнения составляет от 0,6 до 1,2 м. На первой надпойменной террасе при проходке шурфов обнаружено залегание ММП на глубине 1,6 м. (Комплексная оценка..., 2009). В нижних частях склонах встречаются небольшие по площади участки комплексных полигональных торфяников, возникновение которых вероятно связано с зарастанием мелких стариц, приуроченных к тыловым швам террас. Торфяные блоки-полигоны мерзлые, понижения - талые. Переувлажнение деятельного слоя почвы приводит к активизации процессов разжижения грунтов и образованию пльвунов. Мощность сезонно талого слоя на блоках составляет 0,4-0,6 м.

Наличие многолетнемерзлых пород оказывает серьезное влияние на формирование микрорельефа территории, однако существует несколько точек зрения по поводу как датировки существующих форм, так и объяснения их генезиса (Астахов, Свенсен, 2011). Так, агградация и деградация подземного оледенения (многолетней мерзлоты) производят седиментологические и геоморфологические эффекты, сходные с ледниковыми. Это сходство нередко приводит к ошибкам генетической и стратиграфической интерпретации при построении карт поверхности в условиях редкой сети наземных наблюдений, характерной для аэрофотогеологического картирования (Астахов, 2004).

На исследуемой территории также распространены термокарстовые процессы, в основном приуроченные к массивам торфяников. Наибольшее распространение термокарста отмечается в пределах низких морских террас. На участках развития полигонального рельефа за счет вытаивания ледяных жил происходит образование небольших озер размером зеркала до 5 м и глубиной до 1 м и более. В результате термоабразии и термоэрозии берега Коровинской губы приобретают характерный вид: они крутые, с хорошо выраженными уступами, иногда слабо задернованные, с обилием небольших оплывин, оползней, обвалов, а благодаря наличию прослоев торфа часто имеют карнизообразную форму (рис. 7).

Островное распространение мерзлых пород, большая площадь заболоченных территорий, разнообразие пород по литологическому составу и разветвленная речная система со старицами являются характерными чертами дельты Печоры.



Рис. 7. Термоабразионный берег Коровинской губы (фото автора)

3.1.2. Гидрография и климат

Большая часть территории заповедника приходится на морскую акваторию – Коровинскую, Болванскую и Печорскую губы Баренцева моря. В литературе также существует вариант названия этой части Баренцева моря, как Печорское море, по причине отличий в температурном и ледовом режиме (Павлидис и др., 2007). Помимо приливных для него характерны сгонно-нагонные изменения уровня, особенно заметные в районе Печорской губы и острова Варандей. Средняя величина прилива около 1,2 м, приливы имеют полусуточный ритм (Печорское море..., 2003). Так же для него характерны пологие и выровненные берега, сложенные преимущественно песками. Воды Печоры оказывают сильное воздействие на мелководную (средние глубины порядка 2,5 – 3,5 м) приустьевую Коровинскую губу. Минерализация воды в ней составляет порядка 100 мг/л, в ионном составе преобладают HCO_3^- , SO_4 , ионы Na и K (Новоселов, 2006), подобные характеристики наследуются от пресных вод реки Печоры. Вынос терригенного материала Печорой приводит к постепенному обмелению Коровинской губы.

Река Печора имеет длину 1809 км и площадь бассейна 322 000 км². Являясь одной из крупнейших рек севера Европейской части России, она протекает через Республику Коми и Ненецкий автономный округ, образуя в окрестностях Нарьян-Мара дельту шириной около 45 км. Питание реки смешанное, с преобладанием снегового (до 75%), для нее характерно длительное весенне-летнее половодье, во время которого среднемесячный расход воды может

составлять до 12000 м³/с. (рис. 8). В межень расход воды сильно снижается. Ледостав начинается в конце октября и может длиться до 7 месяцев. Скорость течения в межень составляет 0,3-0,6 м/сек, во время весеннего подъема воды увеличивается до 0,9-1,4 м/сек. Среднегодовой расход воды р. Печоры составляет 4100 м³/сек.

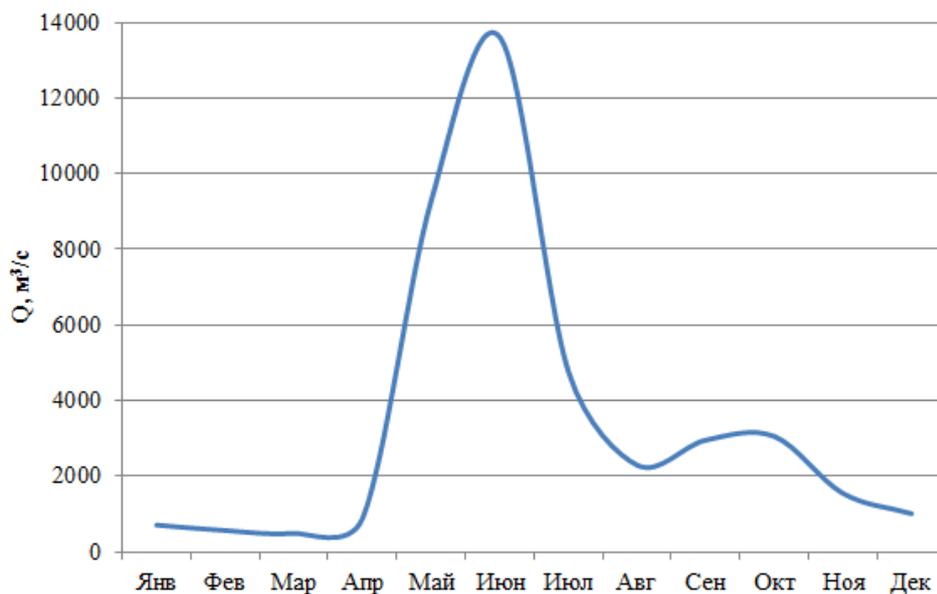


Рис. 8. Среднемесячные расходы воды (м³/с) реки Печора в пункте Усть-Цильма (по данным <http://www.aari.nw.ru/dept/science/hydrology/Hydro.htm>)

Резкое увеличение расхода воды в половодье приводит к тому, что донные отложения и почвы поймы не испытывают возможного техногенного засоления, связанного с поступлением газоконденсата. Воды р. Печоры имеют минерализацию 70-131 мг/л. Минерализация вод озер, болот и грунтовых вод в ее устье составляет 35-131 мг/л, они имеют преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый состав. В устьевой части в водах Печоры отмечается повышенное содержание ионов хлора, натрия, а также магния, что связано с влиянием моря (Украинцева и др., 2009). Устьевая область р. Печоры относится к типу приливного устья с дельтой наполнения и закрытым устьевым взморьем (Полонский, 2012). Традиционно ее северная граница проводится по линии, соединяющей полуостров Русский Заворот, Гуляевские Кошки и о. Песяков, с юга же граница проводится от впадения р.Сулы. Таким образом, в устьевую область р. Печоры входят участок реки, полностью включающий ее дельту, и Печорская губа. Устьевая область р. Печоры является важнейшим рыбохозяйственным объектом – местом нагула и нереста ценных видов рыб, в том числе, семги (Полонский, 2012) и поэтому негативные последствия промысла углеводородного сырья проявляются здесь особенно ярко. Необходимо подчеркнуть, что в пределах Кумжинского месторождения плотность речной сети характеризуется высокими показателями - 0,88 км/км² (Комплексная оценка..., 2009).

Площадь дельты Печоры составляет 2900 км². Она имеет низменный характер с абсолютными отметками высот 0,1 – 5,4 м и представляет собой область аккумуляции аллювиальных осадков с системой сложно ветвящихся протоков, рукавов, остаточных озер. Прирусловые валы проток понижаются вниз по течению от 3-4 м до 1-0,5 м, что согласуется со средним уровнем паводковых вод. Превышение прирусловых валов над поверхностью внутренних участков островов составляет 0,5 – 2,5 м.

Печора подвержена приливным колебаниям уровня воды, дальность проникновения которых сильно зависит от стокового уклона водной поверхности и речного стока, достигая 160 км вверх по течению в межень. Они влияют на гидрогеохимические характеристики и условия миграции загрязнителей, однако изучены не в полной мере (Полонский, 2012).

В дельте встречаются озера и фрагменты проток, а также заболоченные участки. Большинство озер имеют малые размеры (0,5-3,0 га) и располагаются в бессточных понижениях. Их котловины имеют моренное или термокарстовое происхождение. Данная территория была отнесена В.И. Кравцовой и А.Г. Быстровой (2009) к районам повсеместного распространения преимущественно малых и средних озер термокарстового происхождения. Обычно избыток воды, образовавшийся в них весной, сбрасывается временными водотоками. Также распространены постепенно заболачивающиеся старицы. По химическому составу воды озер относятся к слабоминерализованному гидрокарбонатному классу кальциевой группы.

Печора испытывает существенную техногенную нагрузку с 50-х годов XX века. Разработка месторождений углеводородного сырья и происходящие при этом аварии, подобные Кумжинской и Усинской, способствуют загрязнению вод и донных отложений. Также негативное влияние оказывают расположенные в верховьях реки предприятия угольной промышленности, в составе выбросов которых наблюдается повышенное содержание никеля, свинца, кобальта и других металлов (Новоселов и др., 2012). По данным экологического мониторинга содержание загрязняющих веществ зависит от стока вод р. Печоры и от характера питания, значительно изменяясь в течение года (Даувальтер, 2001).

Климатические условия исследуемой территории определяются близостью моря, её равнинностью и тем, что она целиком находится к северу от Полярного круга. По классификации Б.П. Алисова (Алисов, 1956) эта территория относится к субарктическому поясу. Полярная ночь длится здесь около месяца, а полярный день - около двух месяцев. Основные климатические характеристики для г. Нарьян-Мар представлены в таблице 4.

Основные климатические показатели для г. Нарьян-Мар по данным с 1953 по 2012 г.

Показатель	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
Абс. максимум температуры	3	4,5	7,9	14,2	27,8	31,6	37	31	24	22,5	7	7	37
Сред. макс. температуры	-14,2	-13,9	-8,1	-2,5	4,1	12,7	17,9	14,1	8,9	1	-6,7	-10,6	0
Средняя температура	-17,9	-17,5	-11,8	-6,6	0,6	8,4	13,4	10,4	5,8	-1,4	-9,5	-13,7	-3
Сред. минимум температуры	-15,9	-14,7	-7,1	-11,9	-3,3	3,9	8,6	9,8	7,4	-0,4	-2,2	-3,5	-2
Абс. минимум температуры	-47,4	-45,9	-45	-36,3	-23,9	-7,9	0	-4,3	-8	-26,4	-38	-48	-48
Осадки, (мм)	33	25,2	35	44,3	60,2	82,5	92,2	129,4	116,6	92,6	51,9	44,8	807,7

Средняя годовая температура по всей территории округа отрицательная и составляет $-3 - -6^{\circ}\text{C}$. Зимой воздушные массы, формирующиеся над теплой Атлантикой или незамерзающей юго-западной частью Баренцева моря, сильно повышают температуру воздуха Европейского Севера, а летом понижают её. Частые циклоны и переменчивость погоды являются характерными чертами этого региона. Наблюдается смена преобладающих направлений ветра по сезонам: весной и летом преобладают ветры северных направлений, а зимой и осенью – южных. Зимой скорость ветра выше, чем летом (рис. 9) из-за усиления циклонической деятельности. Скорость порывов ветра на побережье может достигать 40 м/с. Влияние моря также сильно сказывается на распределении температуры воздуха – зимой она на побережье выше, чем на материке, а летом – ниже.

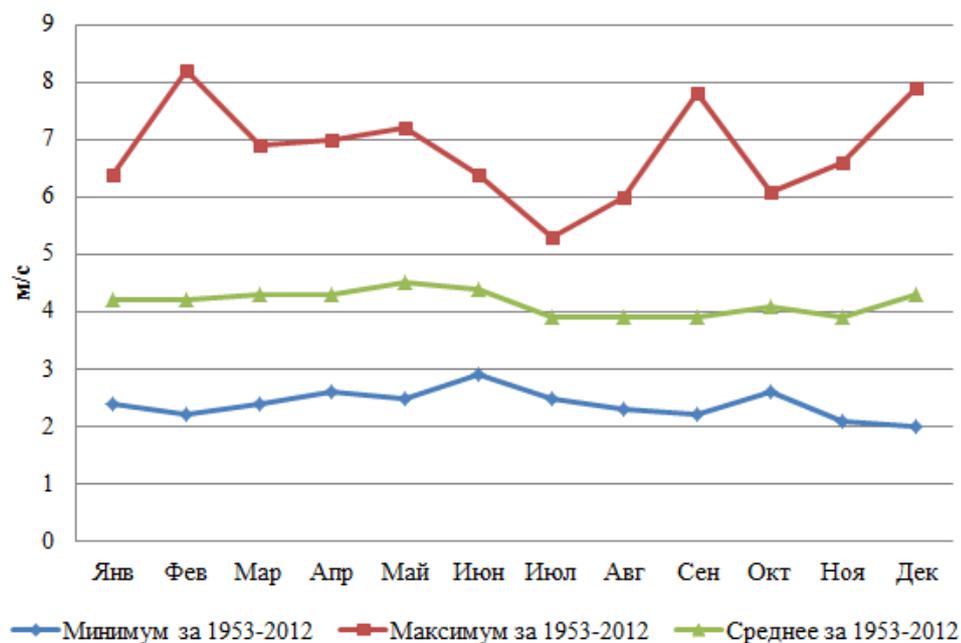


Рис. 9. Средняя скорость ветра, м/с для г. Нарьян-Мар по данным с 1953 по 2012 гг. (по данным Гидрометцентра)

Переход температуры воздуха через 0°C весной обычно происходит на континентальных станциях во второй декаде мая, а на прибрежных – в конце мая – начале июня. Осенью по всей территории температура воздуха проходит через 0°C почти одновременно в первой декаде октября. Сумма средних суточных температур воздуха выше 0°C составляет от 752°C (Ходовариха) до 1142°C (Нарьян-Мар).

Зима на исследуемой территории продолжается 220-230 дней, самый холодный месяц зимы - февраль. Среднемесячные температуры февраля составляют $-16,0^{\circ}\text{C}$ – $-17,4^{\circ}\text{C}$. Средний минимум температуры в этом месяце изменяется от $-20,7^{\circ}\text{C}$ до $-21,6^{\circ}\text{C}$, а абсолютный минимум составляет -46°C – -48°C , однако и зимой бывают дни с оттепелями, когда температура не опускается ниже $0-7^{\circ}\text{C}$. Продолжительность светового дня составляет 3-5 часов. Снежный покров мощностью от 1 до 3-4 м предотвращает вымораживание почвы и держится до 8 месяцев. Высокая (в среднем до 85%) относительная влажность воздуха объясняется преобладанием ветров с моря в зимнее время.

Приход весны в первую очередь знаменуется увеличением длительности солнечного дня. Переход температуры через 0°C происходит во второй-третьей декаде мая, но средняя месячная температура этого месяца, фиксируемая пунктами наблюдения, расположенными севернее Нарьян-Мара, отрицательная. Таяние снега в весеннее время приводит к насыщению почв влагой и значительному увеличению расхода воды рек за относительно краткое время.

Лето характеризуется изменчивостью погоды, частыми обложными дождями в июле и августе. Возможны и заморозки: абсолютный минимум температуры даже в июле-августе

может приближаться к $-4,8^{\circ}\text{C}$. Средняя температура июля по данным многолетних наблюдений составляет $+8^{\circ}\text{C}$ на севере до $+13^{\circ}\text{C}$ на юге округа. Средний максимум температуры июля не превышает $+17,9^{\circ}\text{C}$ на континенте и $+14,2^{\circ}\text{C}$ на побережье. Число летних дней с температурой больше 10°C около тридцати. Продолжительность светового дня составляет 20-22 часа (Мильков, 1977).

Быстрое снижение среднесуточных температур в осеннее время приводит к тому, что уже средняя многолетняя температура октября составляет $-1,4^{\circ}\text{C}$. В этот месяц устанавливается снежный покров, который продержится до конца мая – начала июня, а реки и озера к концу октября покрываются льдом толщиной 0,7-1,2 м.

Атмосферные осадки на протяжении года распределены неравномерно, на зимний период приходятся только 30-40%, а их количество в год изменяется в широких пределах по мере удаления от моря.

Многолетняя динамика климатических изменений для Ненецкого округа сходна с наблюдающейся в целом в циркумполярной области, и выражена достаточно явно из-за прохождения здесь южной границы распространения ММП (Williams, 1995). Наблюдается рост средних годовых температур (рис. 10) и увеличение расходов воды за год (Шерстюков, 2009).

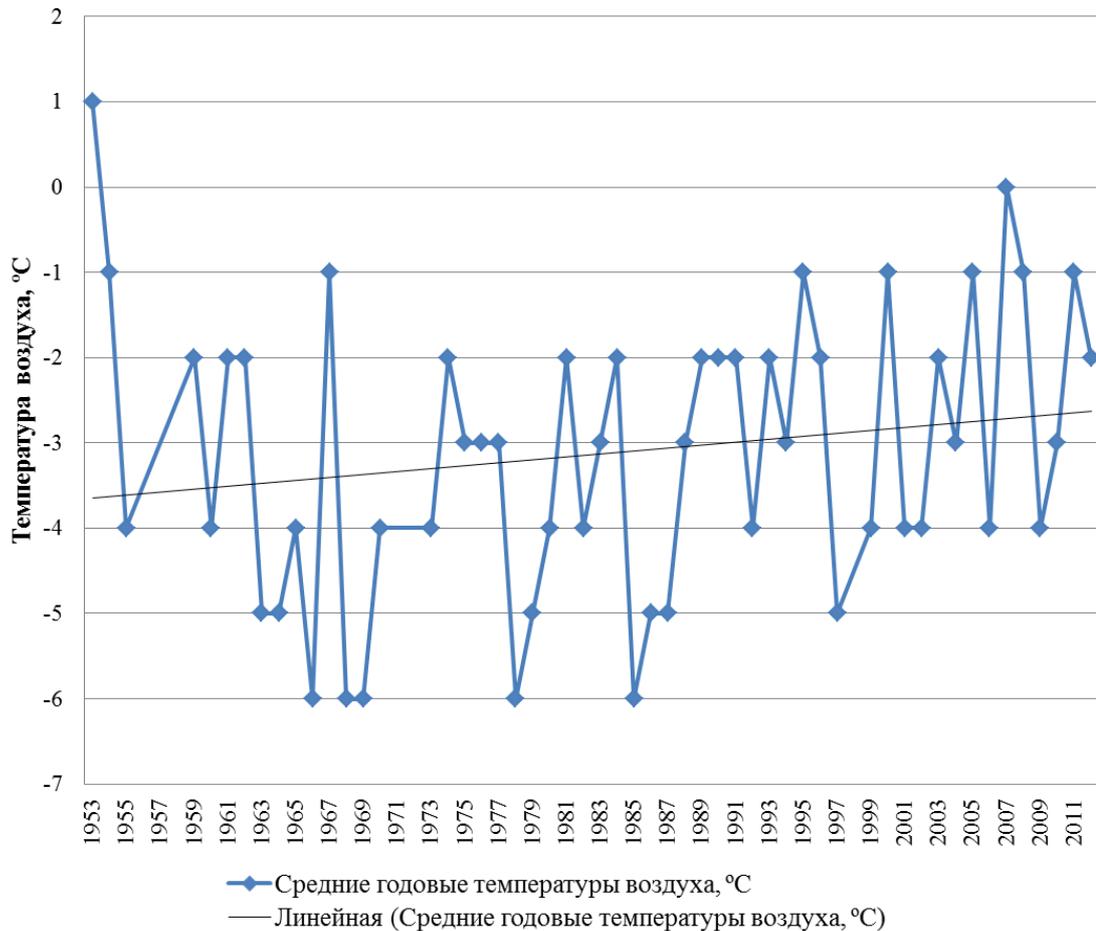


Рис.10. Изменение средних годовых температур 1953-2012 (по данным Гидрометцентра)

3.1.3. Почвенный покров

По почвенно-географическому районированию территория относится к Канинско-Печорской провинции тундровоглеевых, болотно-тундровых и болотно-мерзлотных почв. (Добровольский, Урусевская, 2006). Процесс почвообразования протекает под влиянием таких факторов, как: распространение многолетнемерзлых пород, играющих роль водоупора для почв с легким гранулометрическим составом, малое поступление тепла, малая продолжительность периода с положительными среднемесячными температурами, внутрисочвенное переувлажнение. Их сочетание определяет основные черты почвообразования в этом регионе:

- Низкая скорость и малый объем биологического круговорота приводят к образованию малого количества опада, а, следовательно, ежегодно поступающее количество органического вещества сравнительно низкое.
- Поверхностное, преимущественно напочвенное, поступление и накопление отмершей растительной массы, связанное с преобладанием зеленой биомассы и поверхностным расположением корневых систем.
- Образование грубого гумуса с кислой реакцией в результате замедленной трансформации и выщелачивания веществ из растительного опада.
- Интенсивное физическое разрушение плотных почвообразующих пород, приводящее к накоплению в формирующихся на них почвах больших количеств обломочных фракций.
- Замедленное химическое изменение и разрушение силикатного материала почвообразующих пород при быстром выщелачивании образующихся растворимых продуктов, в первую очередь соединений щелочей и щелочных земель, что приводит к формированию обломочной кислой выщелоченной и ненасыщенной минеральной почвенной толщи.
- Коагуляция и осаждение в профиле растворимых и способных к миграции соединений в результате регулярного промерзания почвы (Таргульян, 1971).

Наиболее распространенными на исследуемой территории являются аллювиальные перегнойно-глеевые и аллювиальные торфяно-глеевые почвы (Классификация почв, 2004). Незначительные площади занимают торфяные олиготрофные и эутрофные почвы и глееземы.

Дифференциация почвенного покрова определяется гранулометрическим составом почвообразующих пород и геоморфологической позицией. Мерзлые породы играют роль водоупора, способствуя переувлажнению почв и созданию восстановительного режима. Распространены процессы криотурбации и латеральной миграции.

На породах тяжелого гранулометрического состава формируются тундрово-глеевые и тундрово-глеевые перегнойные почвы, для которых характерна слабая дифференцированность

профиля по распределению ила и минеральных компонентов (Караваева, 1969; Таргульян, 1971; Игнатенко, 1979; Васильевская и др., 1986). Профиль тундрово-глеевых почв отличается прогумусированностью всей толщи. Содержание гумуса может достигать 7%, в его составе преобладают фульвокислоты. Обычно реакция изменяется от кислой и слабокислой (рН водн. = 5-6) до нейтральной, однако, в верхних горизонтах почв, формирующихся поблизости от моря, рН может быть выше за счет приносимых солей. Емкость поглощения тундровых глеевых почв небольшая, из-за оглеения профиля наблюдается высокое содержание подвижного Fe (II).

На породах легкого гранулометрического состава в результате их высокой водопроницаемости и отсутствия надмерзлотного застоя влаги формируются тундровые иллювиально-гумусовые подбуры. Их отличает наличие грубогумусового горизонта и иллювиально-гумусового, постепенно переходящего в породу, отсутствие осветленных горизонтов, сильноокислая и кислая реакция, фульватный состав гумуса. На террасах крупных рек и поверхностях водоразделов распространены подбуры надмерзлотно-глееватые. От типичных они отличаются наличием признаков оглеения в маломощных надмерзлотных горизонтах вследствие периодического застаивания верховодки над слоем вечной мерзлоты (Таргульян, 1971). Химическое выветривание протекает слабо, при этом высвобождающиеся основания вымываются из почвы, и она обеднена кальцием, натрием, калием, но обогащена железом и алюминием (Игнатенко, 1979).

Понижения и плохо дренируемые элементы рельефа в пойме Печоры заняты аллювиальными почвами нескольких подтипов: аллювиальные торфяно-глеевые почвы (в профиле почв различают моховой очес, торфяной горизонт, глеевый горизонт, мощность торфяных горизонтов достигает 50 см); аллювиальные торфяные почвы (мощность торфяного горизонта свыше 50 см, профиль почв слабо дифференцирован на горизонты), а также аллювиальные дерновые почвы (Комплексная оценка..., 2009).

Фоновые аллювиальные перегнойно-глеевые почвы развиваются в условиях большой обводненности, для них характерна слабая дифференцированность профиля по распределению ила и минеральных компонентов (Караваева, 1969; Таргульян, 1971; Игнатенко, 1979; Васильевская и др., 1986). Переувлажненные почвы поймы характеризуются содержанием гумуса до 5%, в его составе преобладают фульвокислоты (Мильков, 1977). Реакция среды слабокислая или кислая, емкость поглощения достаточно мала. Данный тип почв занимает существенные площади в наиболее низменных участках поймы, а также по берегам старичных озер.

В целом почвенный покров исследуемой территории мозаичен, в первую очередь, в результате разнообразия гранулометрического состава материнских пород. Однако в литературе отмечается небольшая геохимическая контрастность ландшафтов данной

территории (Перельман, Касимов, 1999), принадлежащих к кислому глеевому классу. Их геохимические особенности передаются формулой А.И. Перельмана, составленной для Большеземельской тундры (Мильков, 1977)

$$\frac{O, N, P, K, Ca, Na}{H, Fe, Al}$$

где

в числителе находятся дефицитные элементы, а в знаменателе избыточные.

В минеральной части тундровых почв отмечается высокое содержание железистых минералов и циркона, в илистой фракции – слюды и монтмориллонита. Освобождающиеся в процессе выветривания элементы (железо, кальций, магний) мигрируют в форме истинных растворов (Ковда, 1988).

Условия миграции и аккумуляции загрязняющих веществ в почвах дельты Печоры во многом зависят от формирования латеральных и радиальных геохимических барьеров, а также различий в нефтеемкости почвообразующих пород и органических горизонтов.

Большая часть почв пойменного комплекса характеризуется средне- и легкосуглинистым составом, останцы террас же сложены песками. Это способствует просачиванию углеводородов (УВ) от скважин, расположенных на останцах террас, вниз по почвенному профилю и их аккумуляции аллювиальными почвами.

Вероятность закрепления нефтепродуктов в профиле уменьшается от почв с окислительной средой к почвам таким как тундровые торфяно-глеевые. *Внутрипочвенная радиальная миграция* нефтепродуктов, как уже отмечалось, тесно связана с характером ландшафтно-геохимических барьеров. Многочисленными исследованиями установлено (Братцев, 1988; Venosa et al., 1996; Герасимова и др., 2003; Блохина, Середина, 2009; Середина и др., 2010; Аветов, Шишконокова, 2011) что наиболее емкими барьерами являются торфяные горизонты. Закрепление углеводородов в профиле происходит также на сорбционных барьерах, характерных для почв тяжелого гранулометрического состава (Солнцева, 1998, Глазовская и др., 1983).

На миграцию оказывает влияние и водный режим почв: при промывном водном режиме загрязнители мигрируют вниз по профилю и в подчиненные ландшафты.

Закономерности миграции углеводородов при авариях на промысле в тундровой зоне и в пределах бореальной и арктической поймы достаточно широко освещены на примере многих месторождений как в отечественной, так и зарубежной литературе (Gundlach, Hayes, 1978; Русанова, 2000; Mohn et al., 2001; Московченко, 2004; Андреева, 2005; Воробьев, Попков, 2005; Качинский, 2013).

3.2. Техногенные факторы миграции и аккумуляции загрязняющих веществ

Исследуемые объекты находятся в зоне воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения. В тектоническом отношении оно приурочено к северному окончанию Шапкино-Юрьяхинского вала. К югу и юго-востоку от него открыты и эксплуатируются ряд других нефтегазоконденсатных, газонефтяных и газоконденсатных месторождений. К Кумжинскому непосредственно примыкает Василковское газоконденсатное месторождение, а поблизости - открытое недавно Коровинское (рис. 11).

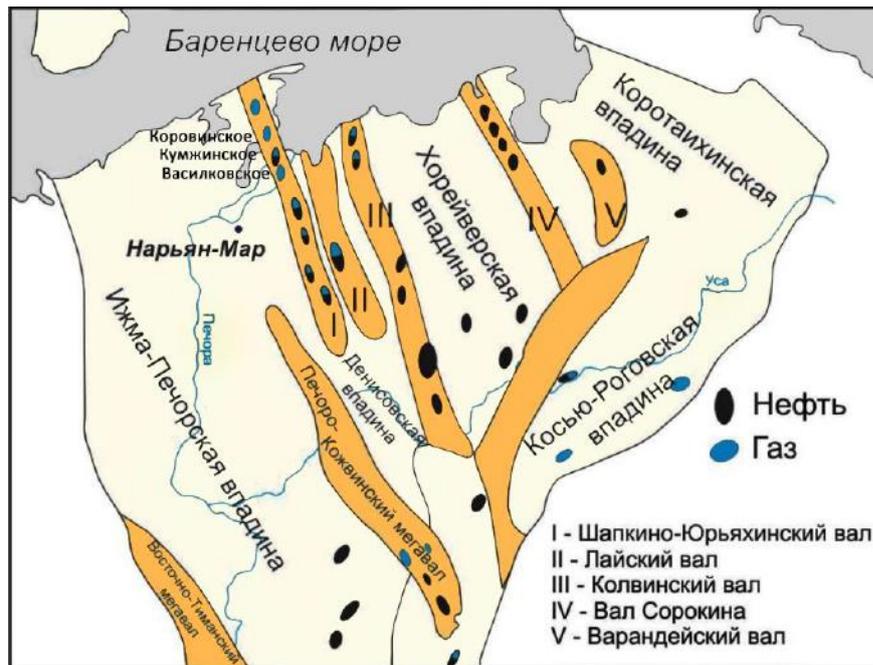


Рис. 11. Тектоническое районирование северной части Печорской нефтегазоносной провинции (Кочетков, Алисиевич и др., 2000).

Кумжинское месторождение находится в пределах одноименной брахиантиклинальной структуры размером 18 x 3,4 км. Оно многопластовое и включает серию газоконденсатных залежей в отложениях среднего и верхнего карбона, перми и триаса на глубинах 1480-2450 м (Кочетков, Алисиевич и др., 2000).

Состав пластового газа по 4 пробам из 2 скважин следующий: метана 88,7, этана 1,8, пропана 0,9, бутанов 0,4, углекислого газа 3,5, азота + редкие земли 3,5 мольных процента; содержание сероводорода по двум пробам 0,09-0,12 мольных %. Потенциальное содержание конденсата в среднем по месторождению составляет 52,4 г/м³. Пластовые воды месторождения относятся к хлоридно-кальциевому типу и имеют минерализацию 22,6-143,4 г/л. Содержание йода и брома составляет 3,38-30,03 мг/л и 465,08-292,61 мг/л соответственно. (Протокол ГКЗ СССР №8634, 1974)

В 1974 году Кумжинская площадь была введена в глубокое поисковое бурение (скв. №1). Всего в пределах Кумжинского месторождения пробурено 28 скважин. Из них 15 разведочных (6, 7, 9 – 21), шесть поисковых (1 – 5, 8) и три структурно-поисковых (133 – 135). Скважины

№№ 25, 26, 27 27-бис специального назначения были пробурены для ликвидации аварии на скважине № 9. Все поисковые и разведочные скважины, кроме 8 и 21, продуктивны. Схема изученности сейсмобурением и геологической разведкой Кумжинского участка недр представлена в Приложении 3.

Расположение объектов промысла углеводородов в дельте крупной реки, такой как Печора, представляет риск для экосистем дельты реки и морских экосистем в связи с возможностью их загрязнения. Отмечается (Толкачев, 2000; Юшкин, 2010) ряд грубейших нарушений при бурении и эксплуатации скважин на месторождении. Несмотря на близкое расположение к потребителям сырья, существующие проекты по созданию трубопроводов и сжижению газа, нацеленные на эксплуатацию сырья месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, месторождение в настоящее время не эксплуатируется, а большая часть лицензионного участка, как указывалось, вошла в состав государственного природного заповедника «Ненецкий».

3.2.1. История развития аварийной ситуации и принятые меры по ее ликвидации

Техногенная катастрофа на Кумжинском месторождении мало освещалась в литературе, оставаясь известной достаточно узкому кругу специалистов. Уникальной ее делает сочетание нескольких факторов: расположение скважин в дельте крупной реки, объем газа и газоконденсата, выделившийся в результате аварии, и использование ядерного взрыва для заглушки аварийной скважины.

Газовые фонтаны на скважинах – не редкость для месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Юшкин, 2010). Первая авария на Кумжинском месторождении произошла 10 ноября 1980 г. Открытый газовый фонтан на скважине Кумжа-13 был ликвидирован 16 ноября.

Следующая авария произошла в ноябре того же года при испытании наклонной скважины № 9 с длиной ствола 2859 м. Скважина была пробурена с целью определения запасов карбоновой залежи на глубине 2300 м. В результате аварии газ поднимался по затрубному пространству, образовывал грифоны, дебит газа составлял около 2 млн. м³/сут. Приустьевая зона скважины превратилась в кратер, создавая угрозу загрязнения вод Коровинской губы. Вследствие перетока газа в вышележащие пласты образовалось два грифона, в 180 м восточнее в 120 м западнее скважины. Грифоны образовались у устья скважин № 10 и № 134. Традиционные методы борьбы с выбросами газа, такие как использование раствора хлористого кальция, результатов не дали.

При обследовании территории места аварии 5-6 июля 1981 г. было выявлено наличие нефтепродуктов в протоке Малый Гусинец интенсивностью до четырех баллов (при пятибалльной шкале) и содержание нефтяных углеводородов в грунте Коровинской губы.

Протока Малый Гусинец летом 1981 г. на протяжении двух километров была покрыта пленкой нефтепродуктов (Комплексная оценка, 2009). Авария оказала воздействие на гидробионты, прилегающих проток и Коровинской губы. В ее период наблюдались выпадение чешуи в хвостовой части, на брюшке рыб, срастание печени и другие мутагенные явления.

На следующий год было принято решение о ликвидации фонтана подземным ядерным взрывом. Этот метод уже использовался на месторождениях на территории России, Украины, Туркмении и Узбекистана, также накопился солидный опыт и за рубежом. Помимо этого, атомные подземные взрывы использовались для повышения нефтеотдачи пласта в Башкирии, Ставрополье, Пермской, Тюменской и некоторых других областях (Юшкин, 2010). Для доставки заряда к стволу аварийной скважины было выполнено наклонное бурение до глубины 1,5 км. Взрыв мощностью 37,5 килотонн в тротиловом эквиваленте был произведен 25 мая 1981 года. Радиационный фон в настоящее время соответствует естественному. Тем не менее, предпринятые меры не помогли приостановить выход газа и газоконденсата.

Участок с аварийными скважинами был огражден обваловкой и двумя дамбами, выше и ниже по течению от него. Эта мера также не смогла полностью предотвратить загрязнение вод и донных отложений, повышенное содержание углеводородов в которых отмечалось в 5 км от места аварии, поблизости о. Кашин. Углеводороды поднимались по микротрещинам, а в мае 1986 года дебит газа и конденсата, выходящих из грифона, составлял 1,74 млн. м³/сут. Аварийный газ и конденсат не сжигались, а выходы газа на поверхность фиксировались также со дна реки. На протяжении многих лет происходил процесс зимнего накопления нефтепродуктов в грифоне скважины № 9 и весенний выброс нефтепродуктов в дельту реки Печоры, в том числе в Коровинскую губу. Скопившиеся в донных отложениях тяжелые фракции являлись источником вторичного загрязнения природных вод.

Работы по бурению новых скважин были приостановлены, а существующие выведены из эксплуатации и законсервированы. Дальнейшая история района работ была predetermined случившейся аварией: до сих пор ведутся как рекультивационные работы, так и изучение ее последствий, которое, в свою очередь, послужило одной из причин создания в 1997 году государственного природного заповедника «Ненецкий».

Несмотря на все предпринятые меры, по сей день продолжается подток углеводородов к поверхности, наблюдаются выходы газа в пределах техногенного водохранилища на аварийном участке.

К 2004 году было принято решение о возобновлении рекультивационных работ в пределах всего месторождения. На территории аварийного участка был организован склад песчано-гравийной смеси и выполнено подновление дамбы и обваловки, так как произошло размывание заграждения: площадь большого зеркала изолированного участка акватории по данным замеров

2004 г. составила 88356 м², то есть увеличилась на 36000 м² по сравнению с состоянием на 1998 год. За период с 2004 по 2013 год был проведен также вывоз металлолома и строительного мусора с аварийного участка и буровых площадок скважин, функционировавших в фоновом режиме.

Естественное русло протоки перегорожено с северо-запада и юго-востока дамбами высотой около 3-12 м. Юго-восточная, расположенная выше по течению, отличается как большими высотой и шириной, так и большей крутизной склонов по сравнению с расположенной ниже по течению (рис. 12). По берегам протоки была создана песчано-гравийная обваловка, ее ширина колеблется от 1 до 3 м, а высота - от 1 до 2 м. По левому берегу она проходит несколько ближе к урезу воды (в 2-8 м), чем по правому, где отдалается от него на 12-14 метров.



Рис. 12. Вид с юго-восточной дамбы на отделенный участок протоки (фото автора).

В процессе рекультивационных работ также удалялся разнообразный строительный мусор с территории и металлолом. Заметны изменения в лучшую сторону по сравнению как с 1998, так и с 2008 и 2011 годами (рис.13). К настоящему времени почти весь мусор с аварийного участка вывезен.



Рис. 13. Сваленный в заболоченном бессточном понижении металлолом и строительный мусор (фото автора 2011 года)

3.2.2 Безаварийные скважины

Воздействие промысла при безаварийном функционировании скважин было изучено на примере участков поблизости скважин 1 и 2, 14, 19. Эти объекты были выбраны из-за различного геоморфологического положения, различий в гранулометрическом составе материнских пород и растительном покрове. Выбор эталонных объектов осуществлялся в соответствии с методологическими указаниями в работе Солнцевой Н.П. (1998).

В целом фонд скважин месторождения можно разделить на три группы по состоянию устья (таблица 5). Участки описания находились поблизости представителей всех трех групп в пределах непосредственно поймы и на субгоризонтальных поверхностях останцов речных и морских террас, занятых зональными почвами и растительными сообществами.

Таблица 5

Группы скважин Кумжинского ГКМ по состоянию устья

Состояние устья скважины	Номера скважин
Ликвидированные скважины, на устье которых установлена бетонная тумба и репер, а фонтанная арматура и (или) колонная головка отсутствуют	8, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27-бис
Ликвидированные скважины, на устье которых установлена колонная головка, фонтанная арматура	1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 27, 133
Скважины, устье которых отсутствует	5, 9, 10, 134, 135

Скважины 1 и 2 имеют общую площадку овальной формы 200×300 м. и расположены между протоками Козлюков Шар и Барабинец Шар на значительном удалении от берега. Бурение первой из них начато 16.03.1974 г. и закончено 07.09.1974 г., спустя 4 года скважина

была изъята из опытной эксплуатации. Вокруг устья находится эстакада с настилом. Колонна выступает из земли на 500 мм, задвижки на фонтанной арматуре в нерабочем состоянии. По данным работ 2008 года при раскреплении фланцевого соединения крестовины запаха углеводорода или сероводорода не наблюдалось. По предоставленным заповедником данным отчетов и фотографиям, площадка поблизости скважины №1 в 2008 году была значительно захламлена: металлолом, цемент, глина, бочки для топлива и неразлагающийся бытовой мусор (рис.14).



Рис. 14. Состояние скв. №1 на 2009 г. (фото заповедника) и на 2011 г. (фото автора)

К 2011 году ситуация несколько улучшилась, в пределах технической площадки и на ведущей к ней дороге был убран крупный мусор. По результатам 2013 года на поверхности почвы не было обнаружено строительного и бытового мусора (рис.15).

Бурение скважины №2 продолжалось в период с 29.12.1974 г. по 10.04.1977г. и было приостановлено по причине того, что при забое 3923 м во время спуска инструмента произошел его слом. В скважине осталось 3788 м инструмента. Все работы были прекращены к 1978 году. На фонтанной арматуре заглушки находятся в нерабочем состоянии, межколонное пространство имеет сообщение с атмосферой. По данным работ 2008 года запах углеводородов и сероводорода отсутствует. На площадке скважины в 2011 году также был обнаружен металлолом, строительный и бытовой мусор (рис. 15). К 2013 году большая его часть была убрана, однако зарастание грунта проходит крайне медленно, в ближайшем к скважине почвенном разрезе обильно встречаются цементная крошка, упаковка от химических реагентов и битуминозные пленки. Были убраны бетонные плиты, лежавшие как поблизости скважины, так и на расстоянии около 200 м. к северу от нее.



Рис. 15. Состояние скв. №2 в 2009г. (фото заповедника) и в 2011 г. (фото автора)

Таким образом, для площадки скважин 1 и 2 характерно механическое воздействие, пересыпка грунтом, а до недавнего времени – возможное химическое загрязнение от бочек для топлива и разнообразного строительного и бытового мусора. Притока углеводородов по самим скважинам в настоящее время не отмечается, однако согласно данным обследования в 2013 году и фондовым материалам, поблизости находится техногенного происхождения болото, характеризующееся высокими их концентрациями в почвах.

Зоной механического и химического воздействия является не только площадка, где осуществлялось бурение скважин, но и значительная территория вокруг. В направлении на северо-запад от площадки до уреза воды протоки наблюдается обширная полоса нарушенных из-за транспортировки грузов к скважине земель, также следы техники отмечаются к юго-западу от скважин.

Скважина №14, расположенная на острове при выходе из протоки Большой Гусинец, была выбрана как безаварийная скважина, направление стока от которой может привести к аккумуляции загрязнителей в замкнутых котловинах, а также в донных осадках Коровинской губы. Ее бурение начато 30.10.1978 г. Бурение закончено и скважина законсервирована 08.04.1979 г. В настоящее время тумба частично разрушена, установлен репер, задвижки фонтанной арматуры в нерабочем состоянии. При раскреплении фланцевого соединения между крестовиной и задвижкой в 2008 году выделения газа и запаха углеводорода отмечено не было.

На технической площадке радиусом около 30 м имеется технический мусор (доски, бревна, обрывки тросов, цемент, металлолом). Количество мусора за период с 2008 по 2013 год уменьшилось незначительно (рис.16).



Рис. 16. Состояние скважины №14 в 2009г (фото заповедника) и 2011 г (фото автора)

К северо-востоку от скважины остались опоры от трубопровода, тянущиеся на 50 метров вглубь острова. Скапливающаяся поблизости от них вода имеет слабый запах углеводородов и покрыта радужными пленками. Мелкобугристый рельеф самой площадки, наличие бессточных понижений к северу и к востоку от нее создают благоприятные условия для пространственной миграции и перераспределения загрязнителей.

Скважина № 19 расположена в пределах пойменного комплекса на берегу протоки Козлюков Шар, являющейся ответвлением от протоки Малый Гусинец, выше по течению от аварийной скважины №9. Подобное размещение скважин является наиболее типичным для Кумжинского месторождения. Бурение было начато 22.12.1979 г. и окончено 28.12.1980 г. Скважина является разведочной. Площадь буровой площадки составляет 0,8 га. Устье скважины представлено в виде бетонного куба в деревянной опалубке, по периметру бетонного основания установлено металлическое ограждение (рис. 17). Выделение газа, флюида на скважине в 2008 году выявлено не было, следов строительного мусора вокруг скважины нет.



Рис. 17. Состояние скважины №19 в 2009 г (фото заповедника).

Скважина находится на выровненной площадке с небольшими кочками в непосредственной близости от приустьевых валов.

Территория вокруг безаварийных скважин была рекультивирована, однако работы, как показали полевые исследования, проведены не в полном объеме. Спустя десятилетия после вывода Кумжинского ГКМ из эксплуатации поблизости от некоторых скважин находится строительный мусор, а обследование профиля почв технических площадок указывает на их загрязнение углеводородами и наличие разнообразных включений.

ГЛАВА 4. СВОЙСТВА ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КУМЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

По характеру строения профиля и свойствам исследованные почвы на территории газоконденсатного месторождения разделены на три основных морфотипа: естественные (фоновые), техногенно-измененные (преобразованные) и техногенные поверхностные образования (ТПО).

Естественные почвы представлены зональными тундровыми и интразональными аллювиальными почвами, не испытавшими воздействия промысла. *Техногенно-изменённые почвы* представляют собой природные почвы с механическими трансформациями (сдирание, пересыпка, перекрытые техногенным и/или природным материалом и т.д.) или «техно-почвы». Эти почвы в соответствии с принципами новой российской почвенной классификации (Классификация..., 2004) рассматриваются как определенный этап естественно-антропогенной (техногенной) эволюции почв, сопровождающейся генетически обусловленным изменением режимов, процессов, строения, свойств, вплоть до формирования новых горизонтов, на всех стадиях преобразования (Герасимова и др., 2003). Как было показано выше, степень техногенной нагрузки на территории месторождения различна, затрагивает разные части профиля почв и зависит как от интенсивности и длительности воздействий, так и от свойств исходных почв. Классификационная оценка техногенно-изменённых почв не зависит от механизмов воздействий и учитывает исключительно их результаты, морфологически и/или аналитически отраженные в профиле почв и их свойствах.

Таким образом, рассмотренные в данной главе почвы на территории Кумжинского ГКМ по особенностям факторов и специфике почвообразования подразделяются на три большие группы. Первая группа представлена природными почвами автономных и подчиненных ландшафтов с низким содержанием углеводов и физико-химическими свойствами, типичными для окружающих фоновых почв дельты р. Печора. Почвы второй и третьей группы - техногенно-преобразованные и техногенные поверхностные образования - сформированы при участии механических нарушений и химических загрязнений. Они сильно различаются по морфологическим свойствам, щелочно-кислотным условиям, содержанию и распределению в профилях органического углерода, нефтепродуктов и тяжелых металлов. ТПО отнесены к литостратам и органолитостратам, а также к техноземам - целенаправленно созданным при рекультивации. На аварийном участке выделяются хемоземы – почвоподобные тела, загрязненные нефтепродуктами, вызывающими видимые изменения во всем профиле.

ТПО в отличие от почв характеризуются отсутствием генетических горизонтов, а также признаков почвенных процессов, за исключением фрагментарного преобразования субстрата

растительностью и слабой дифференциации толщи по содержанию мелкозема (Классификация..., 1997; Герасимова и др., 2003; Брагина и др., 2014; Брагина, 2016). Тем не менее, будучи «непочвами» техногенные поверхностные образования имеют определенные термические и водные режимы, на них произрастают высшие растения. С течением времени в ТПО начинают протекать элементарные почвообразовательные процессы, выраженные на уровне морфонов, и они постепенно превращаются в почвы. Скорость перехода от ТПО к почве непосредственно зависит от сочетания факторов почвообразования, естественного окружения техногенных объектов и их биологической рекультивации.

Из описаний разрезов видно, что в большинстве исследованных почв, несмотря на различия в строении профиля, имеются общие черты. В них наряду с механическими нарушениями фиксируются признаки химического загрязнения НП и тяжелыми металлами, на основании которых их можно классифицировать как техногенно-преобразованные почвы (механически- и химически-преобразованные почвы).

Ниже на примере описания техногенно-преобразованных почв рассмотрим их основные морфологические особенности и отличительные черты, связанные с природными условиями, техногенным комплексом факторов формирования, гранулометрическим разнообразием субстратов.

ТПО, существенно отличающиеся по строению и составу от естественных почв, рассматриваются по единой классификационной схеме с естественными и техногенно-изменёнными почвами. Среди ТПО, выделяются *литостраты* (насыпные минеральные грунты), *органолитостраты* (насыпной природный органический материал) и *техноземы* – почвоподобные тела, состоящие из насыпных слоев, в т. ч. гумусового горизонта (Етеревская, 1989), самообразовавшиеся или целенаправленно созданные при рекультивации (Гаджиев, Курачев, 1992).

На аварийном и безаварийном участках месторождения техногенные почвы и почвоподобные тела обычно сочетаются с непочвенными образованиями – перемешанными рыхлыми и плотными поверхностными образованиями и насыпными техногенными (искусственными) грунтами.

В большинстве техногенно-трансформированных почв и ТПО на аварийном участке газоконденсатного месторождения наряду с механическими нарушениями фиксируются признаки химического загрязнения нефтепродуктами и сопутствующими тяжелыми металлами, выраженные в разной степени (химически-преобразованные почвы).

4.1. Естественные почвы

4.1.1. Морфологическое строение и свойства незагрязненных почв

В дельте реки Печоры можно выделить два комплекса ландшафтов, каждому из которых соответствует определенный набор морфотипов почв. Автономные позиции в пределах останцов террас, сложенных песчаными отложениями, занимают торфяно-подзолы и дерново-подзолы. Почвы подчиненных позиций формируются на аллювиальных отложениях различного механического состава. Почвы высокой поймы в пределах фонового участка представлены аллювиальными серогумусовыми глееватыми, почвы средней и низкой поймы – аллювиальными иловато-перегнойно-глеевыми и аллювиальными перегнойно-глеевыми.

Для понижений и плохо дренируемых элементов рельефа в пойме Печоры, как уже отмечалось, характерны аллювиальные торфяно-глеевые почвы, и аллювиальные торфяные почвы (Классификация почв, 2004; Комплексная оценка..., 2009).

Примером фоновых аллювиальных серогумусовых глееватых почв может служить разрез ФП-1 на легкосуглинистых аллювиальных отложениях, заложенный в пределах высокой поймы (рис.18). Их профиль состоит из следующих горизонтов: АУ – АУСg' – АУСg'' – G_f.

Горизонт АУ (0 – 7 см) светло-серый с буроватым оттенком, с темно-серыми гумусовыми пятнами по ходам корней, опесчаненный и бесструктурный.

Горизонт АУСg' (7 – 35 см) неоднородно окрашен: на палевом фоне темно-серые гумусовые пятна по ходам корней, торфяные линзы коричневого цвета, черные (марганцевые), охристые и сизые пятна, число которых увеличивается с глубиной; легкосуглинистый близко к среднесуглинистому, мелкозернистый, слоистый, с включениями плохо разложившихся остатков корней и веточек; переход к нижележащему горизонту постепенный.

Горизонт АУСg'' (35 – 80 см) обладает сходным набором морфологических свойств, однако оглеение более заметно.

Горизонт G_f (80 - 140 см) неоднородно окрашенный, сизый с большим количеством охристых пятен по ходам корней, марганцевых примазок, бесструктурный, свежий, среднесуглинистый, уплотненный.

Аллювиальная серогумусовая глееватая почва по всему профилю имеет кислую реакцию среды (рН=4,6-4,8) и низкое содержание легкорастворимых солей, что является типичным для фоновых почв на тяжелых субстратах вне территории месторождения (рис.18).

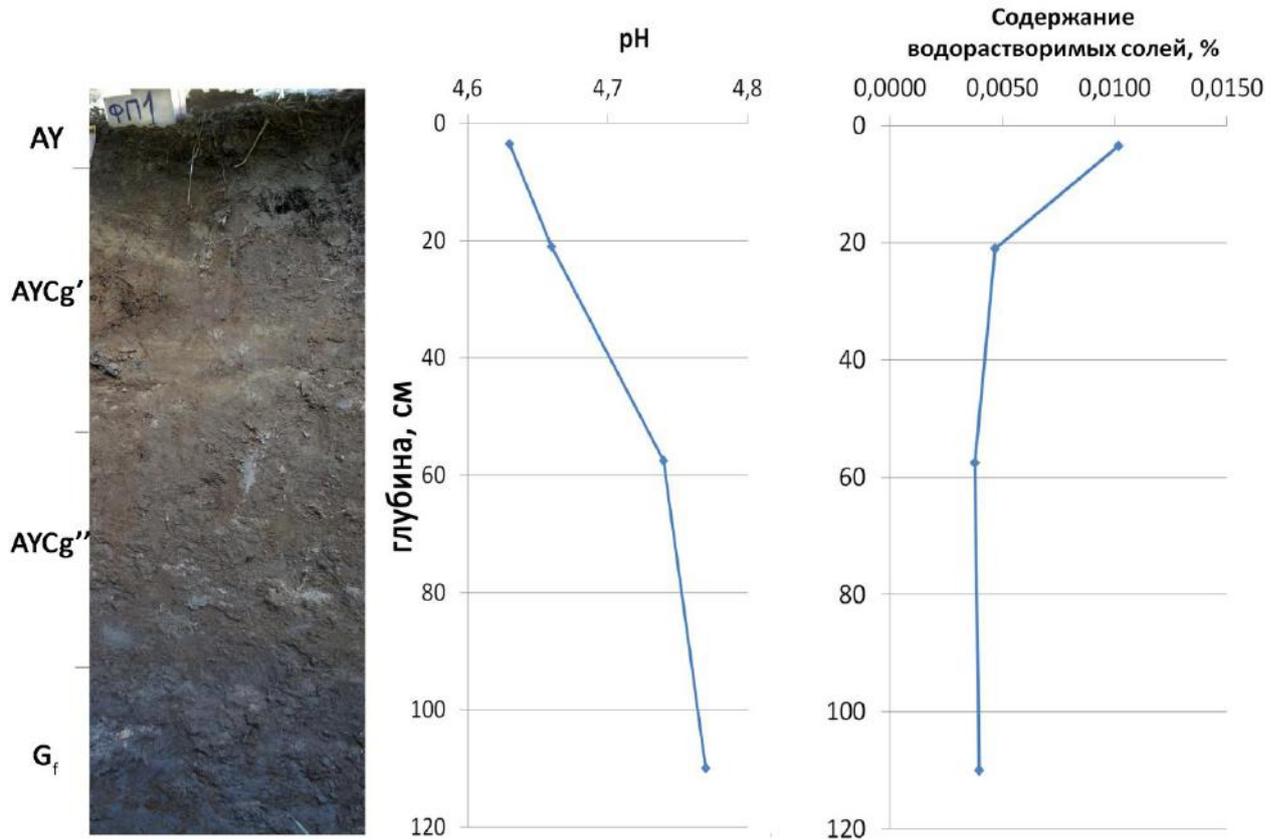


Рис.18 Химические свойства аллювиальной серогумусовой глееватой почвы (ФП-1).

Морфологическое строение аллювиальных перегнойно-глеевых почв (разрез ФП-4), широко распространенных в наиболее низменных участках поймы и по берегам старичных озер также соответствует фоновым аналогам.

Разрез ФП-4 был заложен в пределах низкой поймы, в нем были вскрыты следующие горизонты:

Av (0-4) – темно-бурый мелкозем, густо пронизанный корнями (70%), неразложившиеся остатки мха, переход ясный по количеству корней, граница ровная,

Н (4-37) – неоднородно окрашенный: на буровато-сизом фоне коричнево-охристые опесчаненные пятна диаметром 6 мм, влажный, среднесуглинистый, рыхлый, плотнее вышележащего железистые пятна продолговатой формы в горизонтальном направлении диаметром 1-6 мм, железистые пленки на гранях структурных отдельностей, переход четкий по цвету, граница ровная,

G (37-50) – сизый, мокрый, бесструктурный, тяжелосуглинистый, уплотненный, корни растений (30%).

Согласно имеющимся литературным данным (Таргульян, 1971; Игнатенко, 1979; Васильевская, 1992) для аллювиальных перегнойно-глеевых почв характерна слабая дифференциация профиля по распределению ила и физической глины, что хорошо согласуется с морфологическим описанием профиля. Реакция среды слабокислая или кислая, емкость

поглощения малая (25-80 мг. -экв. /100 г почвы). Содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 5%. Величины отношения Сг.к. к Сф.к около 1,7 (Яблонских, 2001) свидетельствуют о преобладании в поверхностных горизонтах этих почв фульвокислот (Мильков, 1977).

В минеральной части аллювиальных почв отмечается высокое содержание железистых минералов и циркона, в илистой фракции – слюды и монтмориллонита. Расчёт коэффициентов рассеивания ряда микроэлементов (Ni, Pb, Zn, Cu, Co) в фоновых почвах относительно их среднего содержания в осадочном слое (Григорьев, 2009) показал, что в перегнойно-глиевых почвах наблюдается дефицит как макро, так и микроэлементов. Минимальное рассеивание характерно для Ni ($K_p=8$), максимальное – для Pb ($K_p=29$) (рис.19).

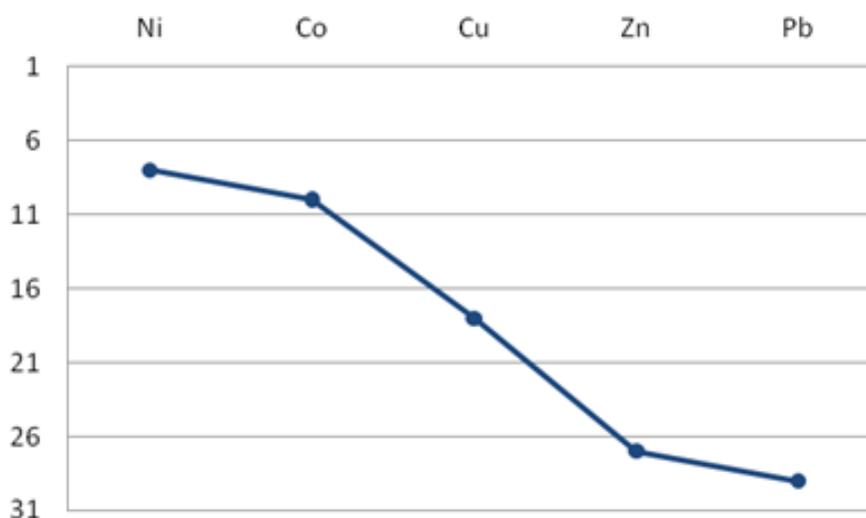


Рис. 19. Коэффициенты рассеивания тяжелых металлов для аллювиальных перегнойно-глиевых почв

На речных террасах и поверхностях водоразделов, сложенных породами легкого гранулометрического состава, распространены подбуры с признаками оглеения в маломощных надмерзлотных горизонтах и подзолы (Игнатенко, 1979; Комплексная оценка..., 2009). Данные почвы занимают существенно меньшие площади в пределах месторождения, чем аллювиальные.

Ниже на примере разреза ФТ-1, описанного под тундровой растительностью в пределах останца террасы, рассмотрены основные морфологические особенности торфяно-подзола на погребенном подзоле криотурбированном (рис. 20): Профиль почвы состоит из следующих горизонтов: Т-(Е)-В_f-[А_У]-[Е]-[В_f].

Горизонт Т (0 – 4 см) коричнево-серый, сухой близко к свежему, бесструктурный, опесчаненный, торфянистый с большим количеством мелких корней, с прокрашенными гумусом темными зернами песка, рыхлый, переход к нижележащему горизонту ясный по цвету и количеству корней.

Горизонт Е выражен фрагментарно (4 - 5(9) см) белесый, с небольшим количеством корней, свежий, супесчаный, бесструктурный, переход ясный по цвету, граница мелко-волнистая.

Горизонт В_f (5(9) – 18(27) см) – неравномерно окрашен, палево-рыжий с пятнами рыже-бурого цвета, супесчаный, свежий, бесструктурный, встречаются орштейны до 3 мм в диаметре, переход ясный по цвету, граница волнистая с элементами языковатости.

Горизонт [А_У] выражен фрагментарно (18(27) – 19(28) см) темно-серый, с растительными остатками.

Горизонт [Е] (19(28) - 33(35) см) неравномерно окрашен: в верхней части светло-серого цвета, ниже – белесый, с прослойками палевого цвета, супесчаный, свежий, волнистость границ горизонта объясняется криотурбацией.

Горизонт [В_f] (33(35) – 45(55) см) неравномерно окрашен: палево-рыжий с пятнами рыже-бурого цвета, супесчаный, свежий, бесструктурный, переход плавный по цвету.

Горизонт С (45(55) – 64 см) неравномерно окрашенный: в верхней части с палево-рыжими пятнами на светло-палевом фоне, песок мелкозернистый.

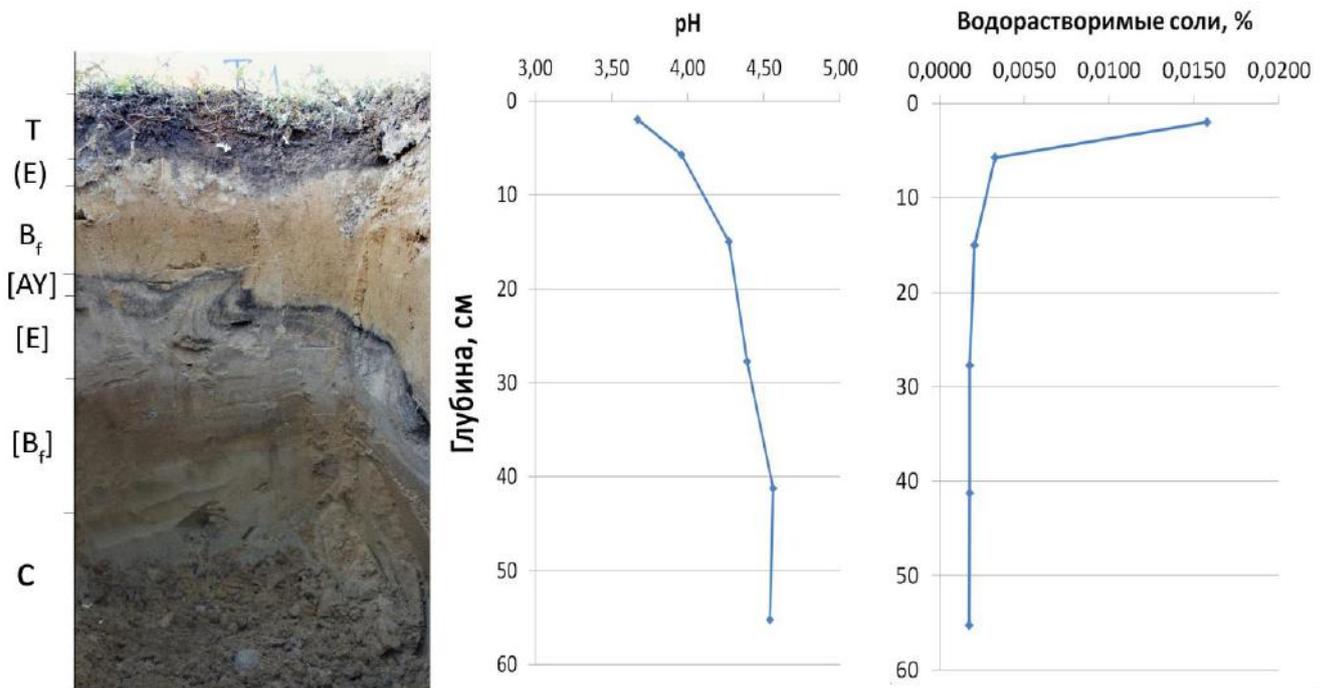


Рис.20. Торфяно-подзол на погребенном подзоле криотурбированном (р. ФТ-1)

Реакция среды по всему профилю сильноокислая, что является типичным для почв ландшафтов кислого глеевого класса (Мильков, 1977). Содержание гумуса в верхних торфянистых горизонтах не превышает 3%. Данные анализа водной вытяжки показывают крайне низкое содержание солей в почве. Их распределение по профилю имеет аккумулятивный характер.

4.1.2. Распределение углеводов в незагрязненных почвах

В незагрязнённых почвах уровни фоновых концентраций углеводов не превышают 80 г/кг почвы (табл. 6).

Таблица 6.

Физико-химические свойства фоновых почв

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH	Водорастворимые соли, %	Гумус, %	НП, мг/кг
Торфяно-подзол на погребенном подзоле криотурбированном (ФТ-1)	T	0-4	3,7	0,0158	2,987	76
	(E)	4-7,5	4,0	0,0033	1,104	26
	B _f	7,5-22,5	4,3	0,0020	0,865	13
	[AY]	22,5-33	4,4	0,0018	--	68
	[B _F]	33-49,5	4,6	0,0018	--	5
	C	49,5-61	4,5	0,0017	--	6
Аллювиальная серогумусовая глееватая (ФП-1)	AY	0-7	4,6	0,0102	--	17
	AYCg'	7-35	4,7	0,0047	--	20
	AYCg''	35-80	4,7	0,0038	--	10
	G _f	80-140	4,8	0,0040	--	8
Аллювиальная перегнойно-глеевая (ФП-4)	H	4-37	4,5	0,0112	1,800	40
	G	37-50	5,2	0,0107	1,458	25

Уровень фонового варьирования содержания УВ в пределах дельты р. Печоры зависит от генетического типа почв. Минимальные содержания обнаруживаются в подзолах и составляют менее 10 мг/кг почвы. Наиболее высокое содержание УВ характерно для торфяных субстратов – собственно торфяных почв и торфяных горизонтов тундровых почв (до 76 мг/кг). Такое распределение содержаний УВ определяется различием сорбционных характеристик отдельных почвенных горизонтов.

В незагрязненных аллювиальных почвах содержание углеводов до 40 мг/кг, что не превышает региональный фон (среднее значение которого для почвенно-растительного слоя составляет 376 мг/кг) (Региональные нормативы..., 2011).

Содержание углеводов (около 70 мг/кг) в подзоле также находится в пределах регионального фона.

4.2. Техногенно-измененные почвы и техногенные поверхностные образования

4.2.1. Морфологические особенности загрязненных почв

Наибольшую площадь техногенно-измененные почвы и техногенные поверхностные образования занимают на аварийном участке вблизи скважин. В группу техногенно-измененных почв входят почвы, нарушенные механическими воздействиями и химически-преобразованные почвы. Ниже на примере описания нескольких наиболее представительных разрезов техногенных почв и ТПО рассмотрим их основные морфологические особенности и отличительные черты, связанные с природными условиями, техногенным комплексом факторов формирования и гранулометрическим разнообразием субстратов.

Аллювиальная гумусовая глеевая химически загрязненная (разрез 14-2) описана в 25 м к востоку от скважины №14 на субгоризонтальной поверхности средней поймы под болотно-луговой растительностью (осока острая, незабудка болотная, вероника длиннолистная, лисохвост луговой) на среднесуглинистом аллювии (рис. 21).

Горизонт А0 (0-3 см) – опад травянистых растений.

Горизонт А1 (3 – 8 см) равномерно окрашенный, буровато-серый, с большим количеством корней и слаборазложившихся растительных остатков (80%), влажный, в нижней части с охристыми пятнами, переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и уменьшению количества корней.

Горизонт А1С_g' (8 – 23(28) см) неравномерно окрашенный: серый с коричнево-бурыми, сизыми и охристыми пятнами, с включениями корней и растительных остатков, среднесуглинистый, влажный, уплотнен (плотнее предыдущего), бесструктурный, переход к нижележащему горизонту ясный по цвету, граница языковатая.

Горизонт А1С_g'' (23(28) – 35 см) охристо-рыжий с сизыми пятнами, Mn примазками, ортштейнами, влажный близко к мокрому, с включениями корней в верхней части около 10%, уплотнен, бесструктурный; переход к нижележащему горизонту ясный по цвету, граница слабоволнистая.

Горизонт G (35 – 60 см) сизый, с включениями мелкообломочного материала и прослоями песка, бесструктурный, мокрый, ПГВ с 60 см.

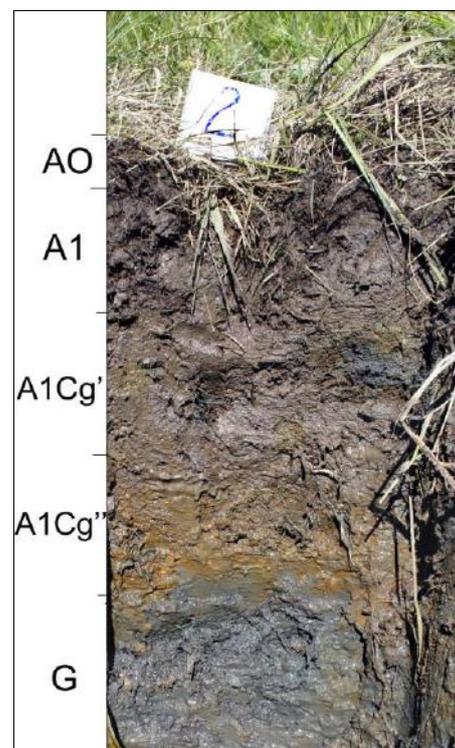


Рис. 21. Аллювиальная гумусовая глеевая химически загрязненная, р. 14-2 (фото автора)

Среди ТПО на исследуемой территории выделяются техноземы оглеенные, ожелезненные и химически загрязненные.

В пределах технической площадки скважин 1 и 2, расположенной на останце песчаной террасы, описаны *техноземы ожелезненные*. В профиле этих почв мощностью около метра отсутствует гумусовый горизонт, насыпной материал представлен равномерно окрашенным бесструктурным крупнозернистым песком палевого цвета с включениями строительного и бытового мусора, цементной крошки.

Горизонт ТГ1 0 – 10 см – светло-палевый, бесструктурный крупнозернистый песок, корни растений отсутствуют, по нижней границе рыжеватые пятна диаметром менее 5 мм. Переход к нижележащему горизонту по цвету, граница прямая.

Горизонт ТГ2 10 – 38(42) см – темноокрашенный близко к черному, многочисленные сизые и бурые пятна, крупнозернистый песок с сильным запахом углеводородов, по всему горизонту встречаются техногенного происхождения включения: строительный мусор, обрывки полиэтилена, в нижней части горизонта неразложившиеся растительные остатки. Переход к нижележащему горизонту по цвету и наличию включений, граница слабоволнистая.

Горизонт [С] 38(42) – 95 см (дно разреза) светло-палевый бесструктурный песок, влажный, корни растений отсутствуют.

В пределах технических площадок скважин, отвалов грунта для дамбы и обваловки на аварийном участке, некоторых линейных объектов (насыпные дороги на аварийном участке к скважинам 26-бис и 27-бис, отвалы грунта на участке скважин 1 и 2) на насыпных техногенных грунтах формируются почвы с двучленным строением профиля, литостраты и органолитостраты (Классификация..., 2004). В последние годы разрушение обваловки на аварийном участке привело к значительному увеличению площадей, занимаемых этими почвоподобными телами. Нередко в результате повторной пересыпки грунтов обваловки наблюдается погребение развивающегося маломощного гумусового горизонта профиля.

Почвоподобные образования и почвы с многократным чередованием в профиле фрагментарных гумусовых горизонтов встречаются в непосредственной близости от обваловки на аварийном участке и описаны на примере разреза № 2-13 (рис.22). Почва определена как *технокриометаморфическая грубогумусовая*.



Рис..22. Рис. 21
Технокриометаморфическая
грубогумусовая почва (разрез №2-13)
Фото автора

Разрез № 2-13 расположен в 5 м от обваловки на аварийном участке, к юго-востоку от вышки. Напочвенный покров представлен разнообразными зелеными мхами, встречаются единичные злаковые и лишайники.

Горизонт АОтг 0-16 см - неравномерно окрашен: чередование темно-бурых полос с коричнево-рыжеватыми опесчаненными, ореховатый, тяжелосуглинистый, уплотненный, встречаются корни растений диаметром 0,2 мм, переход к нижележащему горизонту ясный по цвету и отсутствию слоистости, граница ровная.

Горизонт CRM 16-40 см (дно разреза) - темно-бурый, призмовидные отдельности делятся на ореховатые, плотный, тяжелосуглинистый, корни растений диаметром до 0,3 см до глубины 30 см.

Органолитостраты с целенаправленно созданным гумусированным слоем в результате рекультивации встречаются на сравнительно небольшой площади вблизи скважин 1 и 2 (разрез № 6-13).

Разрез № 6-13 расположен в непосредственной близости от отвалов грунта на поверхности с небольшим (менее 2-3°) уклоном (рис.23). Растительная ассоциация злаково-ивовая, проективное покрытие менее 15-20%.

Горизонт ТГ 0 - 7 см - неравномерно окрашенный: буроватый в верхней части, к низу плавно переходящий в палево-охристый, свежий, непрочно комковатый, песчаный, рыхлый. Встречаются корни растений диаметром 0,5 см, переход к нижележащему горизонту ясный по цвету и гранулометрическому составу, граница слабоволнистая.

Горизонт [АО] 7-25(37) см - неравномерно окрашенный, бурый с серыми и рыжими пятнами, свежий, комковатый, супесчаный, близкий к легкосуглинистому, уплотненный, более рыхлый в нижней части. Корни диаметром от 0,1 до 0,5 см обильны по всему горизонту. Встречаются древесные остатки, «бусы» по корням, на



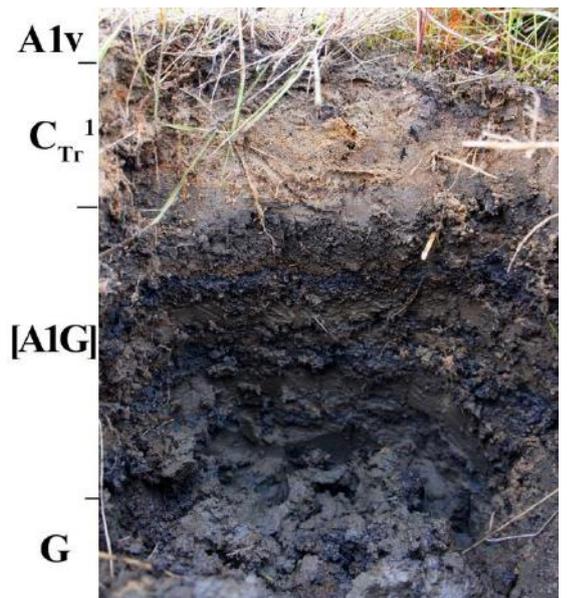
Рис. 23. Погребенный под техногенным наносом органолитострат (разрез 6-13) Фото автора

глубине 21-28 см вскрыта суглинистая линза, мелкокомковатая с сизыми и рыжими пятнами. Встречаются серо-сизые кутаны, оливково-сизые и красно-буроватые, переход к нижележащему горизонту резкий по цвету, граница волнистая.

Горизонт Стг 25(37) -70 см - серо-палевый, свежий, песчаный, непрочно-крупноглыбистый, уплотненный, в верхней части плотнее, единичные корни, единичные отмытые зерна кварца.

Наиболее глубокие техногенные преобразования наблюдаются в средне- и тяжелосуглинистых почвах аварийного участка и донных отложениях. Менее заметны техногенно обусловленные изменения в пределах останцов террас. Под влиянием загрязнения углеводородами меняется цвет и характер окраски горизонтов. Цвет почвы становится более темным, чем в фоновых почвах, с преобладанием черных, серо-коричневых и темно-коричневых оттенков. Нарушение водно-воздушного режима приводит к развитию восстановительных процессов и оглеению почвенной массы. Привнесенное органическое вещество распределяется по профилю неравномерно, концентрируясь по корням. При высоких концентрациях загрязнителя и нарушении воздухопроницаемости горизонтов в средних и нижних частях профиля загрязненных почв отмечается заполнение пор и трещин серо-бурым или сизо-серым коллоидным веществом. Наличие таких прослоек характерно для грубогумусовой глеевой почвы на техногенном субстрате (р. К-13) на левом берегу протоки в пределах обваловки (рис. 24). Формирование прослоек в почвах аварийного участка также отмечала В. Кальфа (2008).

Под воздействием углеводородного загрязнения изменяется характер границ горизонтов. Они приобретают крупно-языковатую и кармановидную форму, или же формируется переходный горизонт, сочетающий признаки выше- и нижележащего. Подобные изменения характерны для почв аварийного участка в пределах обваловки на правом берегу протоки. Миграция углеводородов по микротрещинам, их скопления, приуроченные к материалу тяжелого механического состава, приводят к формированию характерных пятен, что видно на примере химически загрязненных грубогумусовых почв в непосредственной близости от скважины № 19.



На глубине 31-37 см в них отмечается Рис. 24. Грубогумусовая глеевая на тяжелосуглинистый бесструктурный горизонт с техногенном субстрате (р. К-13)

чередованием сизых и темно-бурых полос и запахом углеводородов.

Наиболее яркие морфологические изменения характерны для хемоземов на крупно- и среднезернистых песках в прибрежной полосе водохранилища. В профиле этих почвоподобных тел повсеместно наблюдается наличие с глубины от 1 до 7 см оглеенного, с запахом углеводородов, горизонта с различными оттенками сизого цвета. На поверхности таких образований образуются битуминозные пленки или корочки. Вблизи уреза воды пленки – более тонкие грязно-желтые или охристые, на расстоянии около 70 см от него преимущественно темно-коричневые, местами черные (рис. 25). Причина их формирования – продолжающееся поступление углеводородов со дна водохранилища, более подробно рассмотрена в главе, посвященной трансформации аквальных ландшафтов.



Рис. 25. Нефтяные пленки на поверхности вблизи нижней дамбы (фото автора)

4.2.2. Трансформация химических свойств загрязненных почв

Поступление в природные ландшафты газоконденсата приводит к трансформации физико-химических свойств почв, смене химического состава почвенно-грунтовых вод. Геохимическая характеристика техногенно-измененных почв приведена в таблице 7.

Таблица 7

Физико-химические свойства техногенно-измененных почв

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH	Водорастворимые соли, %	НП, мг/кг
Аллювиальная гумусовая глеевая (14-1)	О	0-5	5,40	0,02	--
	AY	5-35	5,2	0,02	22
	AYG	35-45	4,8	0,02	13
Аллювиальная	AY _{ao}	3-8	6,1	0,01	27560

гумусовая глеевая химически загрязненная (14-2)	A _Y B _f	8-25,5	6,3	0,01	260
	B _f	25,5-35	5,7	0,01	42
	G	35-60	5,5	0,01	25
Аллювиальная перегнойно-окисленно-глеевая (11-13)	H	0-17	6	0,01	80
	BF	17-42	6,5	0,01	220
	G	42-52	4,7	0,01	4500
Аллювиальная гумусовая глееватая (Г-4)	A _Y _{ao} f	0-3	4,7	0,00	280
	C	3-35	4,8	0,00	275
Грубогумусовая маломощная на техногенном субстрате (Г-3)	AO'	0-2	5,0	0,01	50
	AO''	2-5	4,9	0,00	50
	C	5-100	5,6	0,00	10

4.2.2.1. Солевой состав почв

. Материалов о засолении почв и почвенно-грунтовых вод – техногенном галогенезе – в районах добычи углеводородного сырья достаточно много (Полинская, 1969; Солнцева, 1998; Harris et al., 2005; Водяницкий и др., 2013 и др.). Выявлено, что водорастворимые соли (хлориды натрия, сульфаты и др.), наряду с нефтепродуктами являются самыми распространенными токсикантами на территории промыслов, даже в районах избыточного увлажнения. В результате процессы техногенного галогенеза по масштабу и интенсивности отрицательных следствий часто превосходят влияние техногенных углеводородов (Ефимова и др., 2011; Фоминых, 2013). В техногенно засоленных почвах содержание водорастворимых солей может возрастать на 2-3 математических порядка по сравнению с фоном. Предельным выражением техногенного галогенеза служит формирование техногенных солончаков (более 1% солей в верхних горизонтах) и солончаковатых разностей почв, содержащих более 1% в нижних горизонтах при относительно невысокой их концентрации в верхней части профиля. Подобные засоленные модификации почв формируются как в автономных, так и в подчиненных позициях. Особенно заметное засоление почв происходит при многократных выбросах загрязнителей в результате аварийных ситуаций на промыслах.

В 2011 и 2013 годах были выполнены анализы суммарного содержания водорастворимых солей, в 2013 г. выборочно проводилось определение их качественного состава.

Содержание солей в почвах изучаемой территории, как правило, не превышает 0,25%. Точек, где содержание водорастворимых солей составляло 1% или более выявлено не было.

4.2.2.2. Щелочно-кислотные условия

Щелочно-кислотные условия в разных типах почв на исследуемой территории сильно варьируют. Фоновые почвы (р. ФТ-1, ФП-1) имеют кислую и слабокислую реакцию среды. В трансформированных и загрязненных почвах повсеместно наблюдается подщелачивание, связанное с поступлением углеводов. В большинстве исследованных почвенных разрезов превышение значений рН по сравнению с фоном отмечается по всему профилю.

В почвах пойменного комплекса возникает несколько типов радиальных профилей рН: 1) максимум может быть приурочен к верхней части почв (горизонты АО и АУ, р. 14-1, 14-14, 12-13); 2) к срединным переходным горизонтам (р. 14-2, 11-13); 3) отмечаться в новообразованных техногенных горизонтах (р. 10-13, 21-13, 24-13). Тип профиля зависит от физико-химических и гранулометрических параметров горизонтов, особенностей поступления загрязнителя, его количества и времени с момента загрязнения (Солнцева, 1998).

В целом, наиболее высокие значения рН (7,1 – 8,0) среди почв безаварийных пойменных участков характерны для средне- и тяжелосуглинистых грубогумусовых почв, описанных поблизости скважины №19 (рр. 21-13 и 24-13 на рис. 26). Наиболее близкие к фоновым значения рН имеют естественные аллювиальные почвы с хорошо выраженным оглеением в профиле и содержанием нефтепродуктов, не превышающем региональный фон (рис 27).

Латеральная дифференциация щелочно-кислотных условий на участке «14 скважина – безаварийный» относительно слабо выражена. Наибольшие значения рН в верхнем горизонте характерны для техногенно-измененных почв и ТПО в пределах технической площадки (рН=6,0-6,5 - нейтральные), по мере удаления от скважины наблюдается их постепенное снижение до фонового уровня (рис. 28). Для почв поблизости скважины №19 латеральная дифференциация щелочно-кислотных условий выражена слабее, при этом максимальные значения отмечаются в верхних горизонтах почв, характеризующихся более высокой влажностью. Это связано с большей однородностью рельефа: отсутствие перепада высот между технической площадкой и поверхностью высокой поймы, на которой она располагается, приводит к снижению активности латеральной миграции загрязнителей и вымывания оснований.

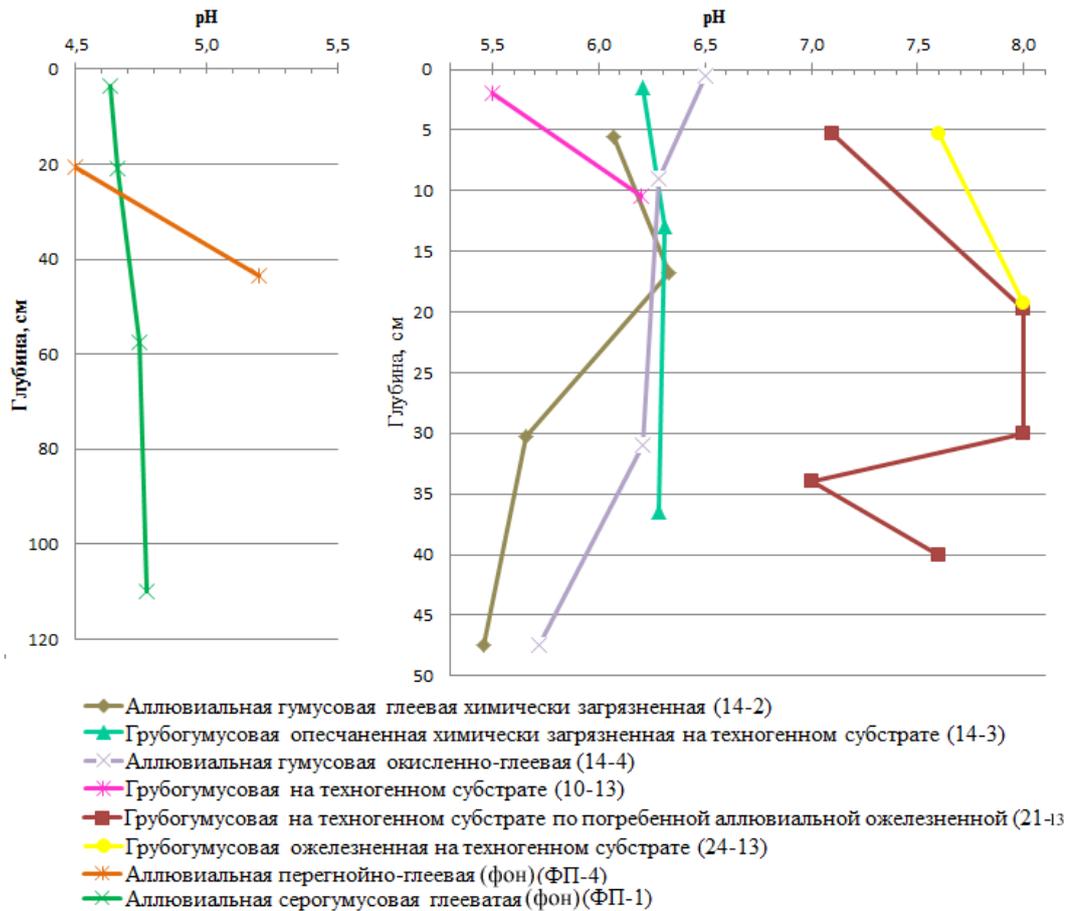


Рис. 26. Щелочно-кислотные условия почв на техногенном субстрате и аллювиальных химически загрязненных поблизости безаварийных скважин.

Сохранение зависимости щелочно-кислотных условий от концентрации нефтепродуктов в почве характерно и для аварийного участка. На сравнительно малой площади значения pH изменяются в широких пределах. Грубогумусовые глеевые маломощные почвы под пушициево-осоковыми сообществами с большим проективным покрытием на правом и левом берегу за пределами обваловки (тг. К-7 и К-21) отличает pH около 3,8 (сильнокислая). Большинство изученных почв, однако, имеют кислую и слабокислую реакцию среды (pH = 4,7 – 5,8), что сходно с фоном. Подщелачивание почв особенно ярко выражено на левом берегу в пределах обваловки. Здесь развиваются маломощные грубогумусовые глеевые почвы под пионерными группировками с ПП от 5 до 50%. Для почв точек К-5, К-6 и К-13 характерна слабощелочная и щелочная реакция (pH = 7,4 – 8,2). При сравнении результатов за 2011 и 2013 годы можно сделать вывод о многолетней изменчивости щелочно-кислотных условий на аварийном участке месторождения. Однако, общая закономерность сохраняется: наиболее высокие значения pH отмечаются вблизи основных источников загрязнения (грифонов на месте скважин) на левом берегу (рис. 29 и 30).

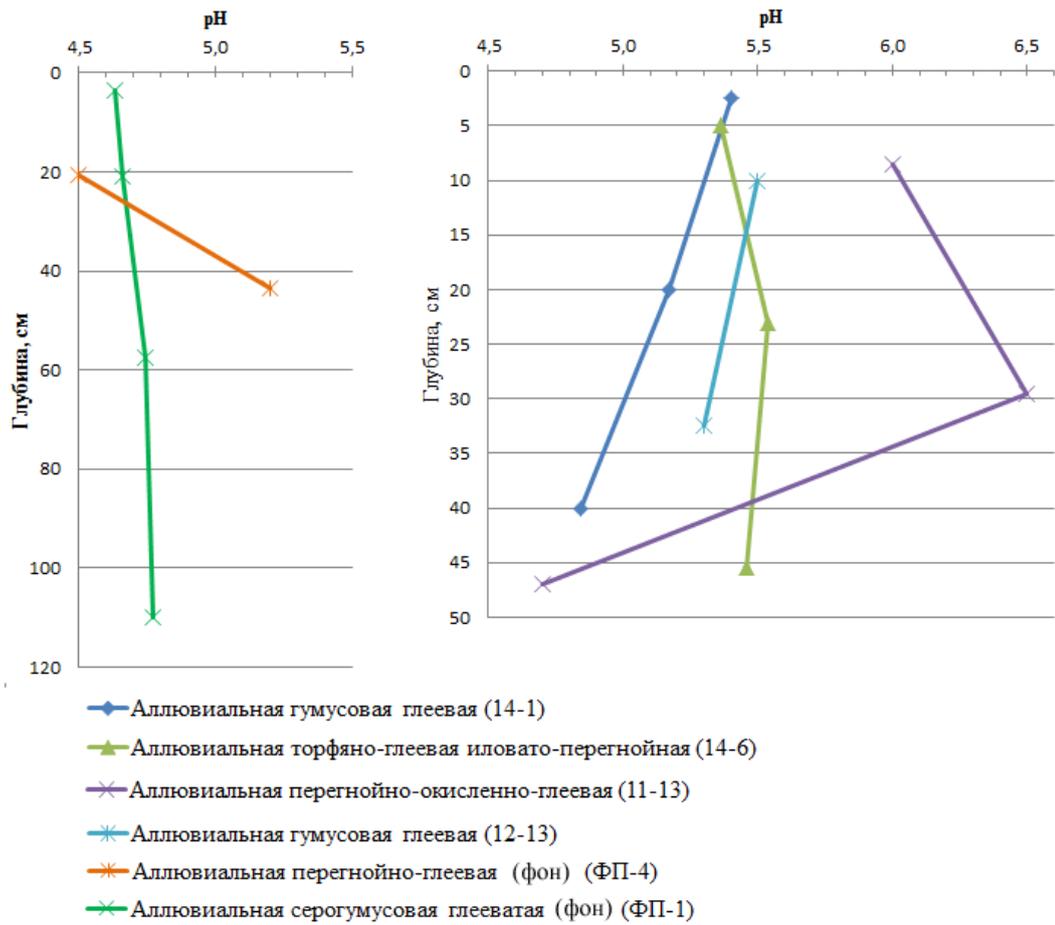


Рис. 27. Щелочно-кислотные условия аллювиальных глеевых и глееватых почв поблизости безаварийных скважин.

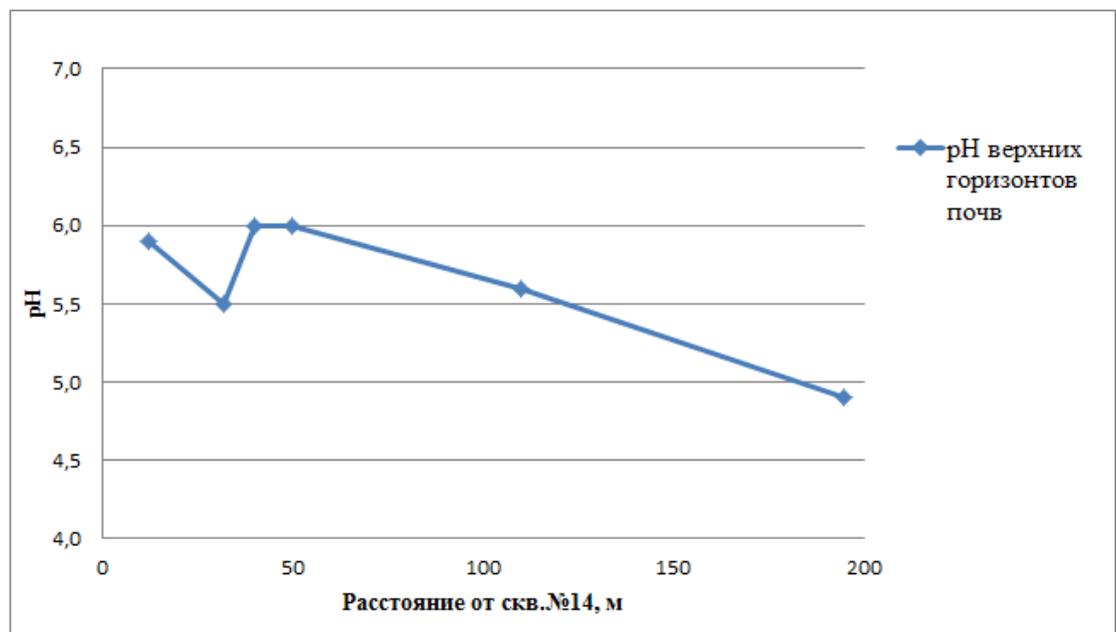


Рис.28. Щелочно-кислотные условия в верхних горизонтах почв в зоне воздействия скв. №14 (по данным 2013 г.)

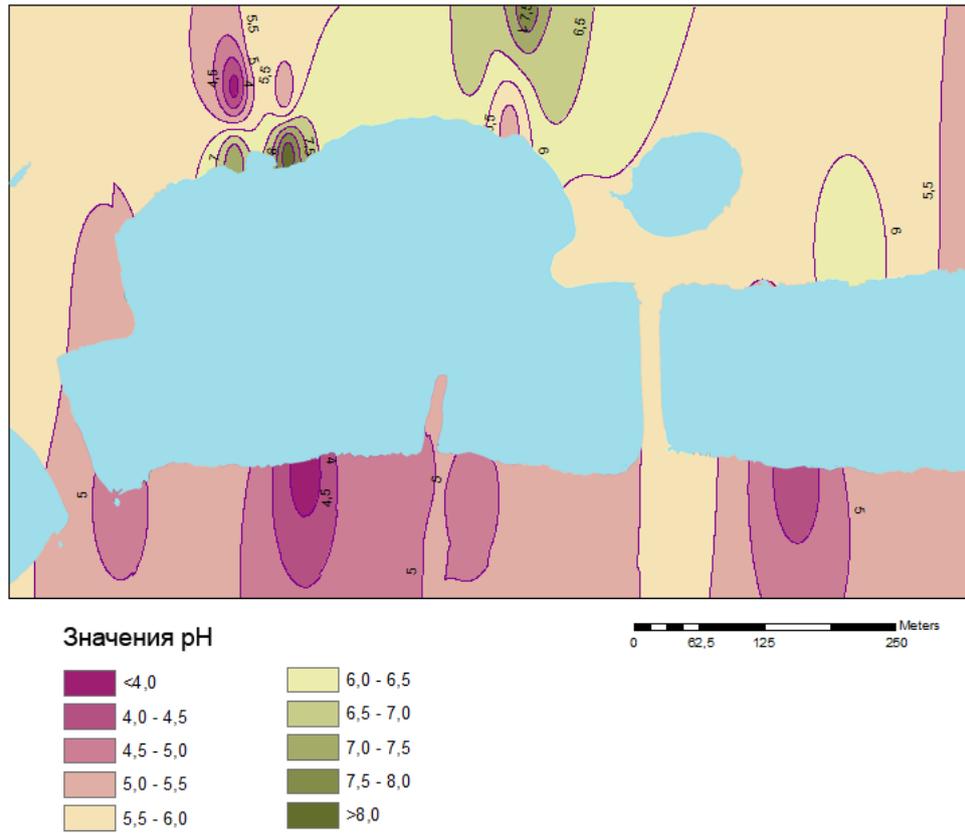


Рис. 29. Щелочно-кислотные условия в верхних 20 см почв аварийного участка (по данным 2011 г).

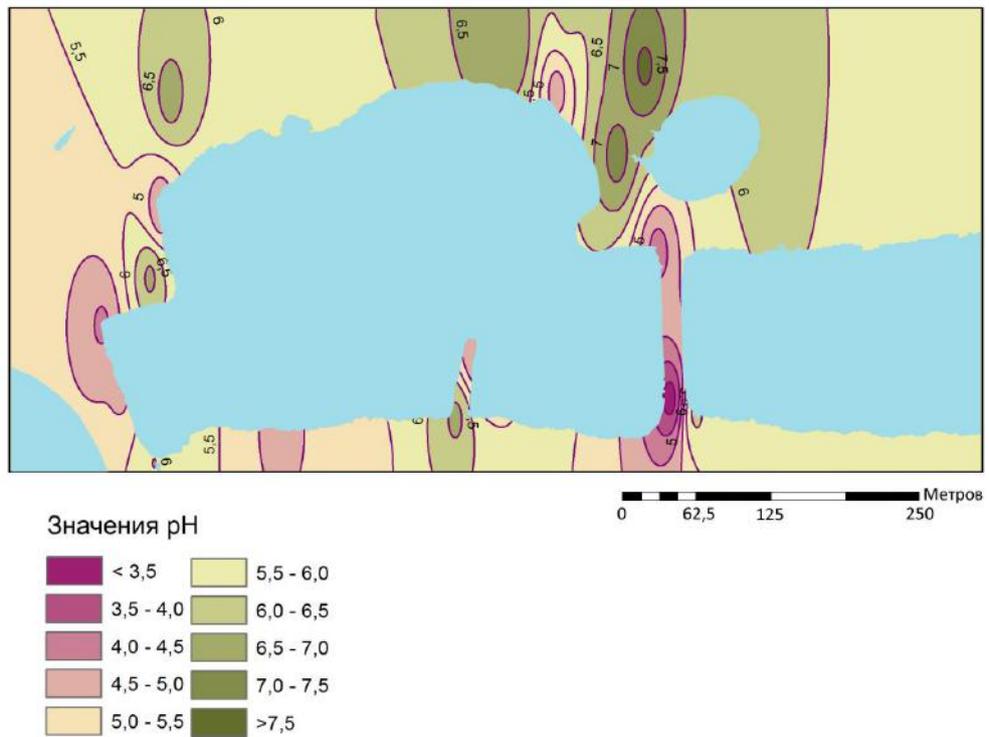


Рис. 30. Щелочно-кислотные условия в верхних 20 см почв аварийного участка (по данным 2013 года).

В пределах останцов террас отмечаются несколько иные закономерности радиальной дифференциации щелочно-кислотных условий, что связано с более однородным и легким механическим составом почв. Как уже отмечалось, отложения террас и техногенный субстрат,

применявшийся для создания технической площадки скважин, представлены средне- и крупнозернистым песком. Фоновый торфяно-подзол на погребенном подзоле криотурбированном (ФТ-1) характеризуется сильнокислой реакцией среды (рН 3,5-4,5).

Для загрязненных почв и ТПО технической площадки скважин 1 и 2 также характерно некоторое повышение щелочности. Оно связано, с одной стороны, с загрязнением почв и субстратов НП, а с другой - с антропогенным характером субстратов, наличием в их толще включения цементной крошки и упаковок от химических реагентов. В большинстве случаев радиальная дифференциация щелочно-кислотных условий в профилях выражена слабо. Отмечается лишь незначительное увеличение рН с глубиной. Исключение составляют сильно загрязненные почвы со сложным строением профиля в пределах площадки, например, ТПО по органолигострату опесчаненному (р. 6-13), где возникают значительные сдвиги рН (на 2,8 единицы), (рис. 31).

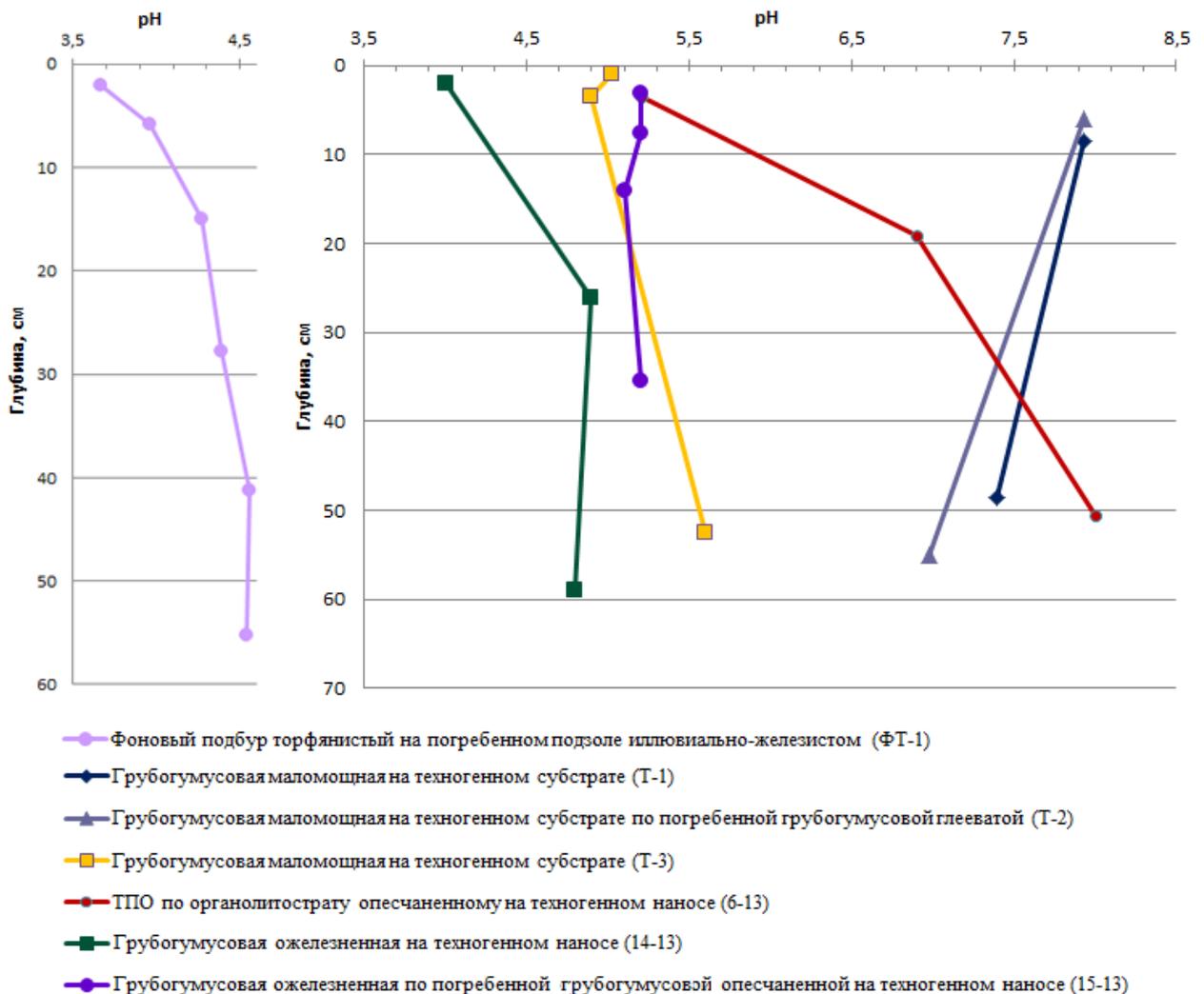


Рис. 31. Щелочно-кислотные условия почв поблизости безаварийных скважин в пределах останцов террас

Вскрытые в пределах 50 м от скважин органолитостраты (р. 9-13 и 6-13) отличаются щелочной и сильнощелочной реакцией ($pH=8,0-8,9$) в насыпном органическом горизонте. На расстоянии в 100 и более метров от скважин за пределами обваловки значения pH близки к фоновым - сильнокислым и кислым (4,0-5,1). В то же время, подщелачивание верхних горизонтов прослеживается и на удалении свыше 150 м от скважин (рис. 32) Большая контрастность щелочно-кислотных условий способствует формированию в ландшафтах латеральных геохимических барьеров физико-химического типа.

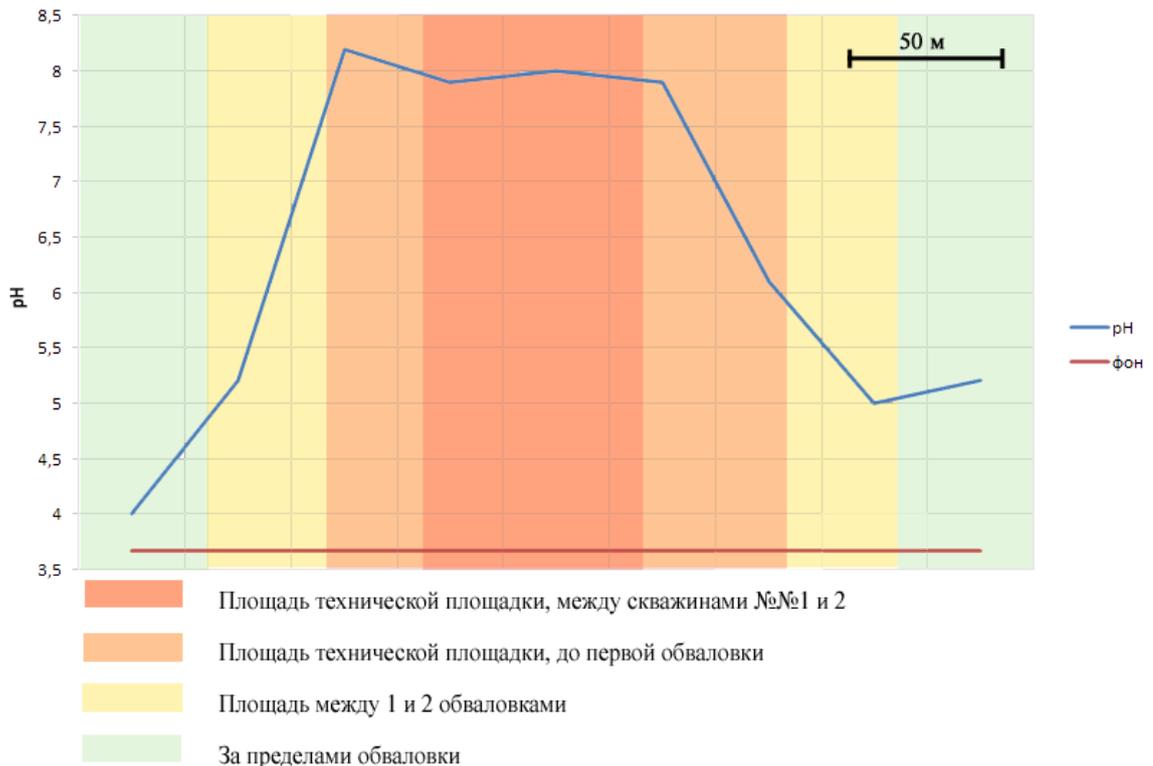


Рис. 32. Щелочно-кислотные условия в верхних горизонтах почв участка «Безаварийный тундровый» по сравнению с фоном.

Изменения щелочно-кислотных условий с годами для почв поблизости аварийной скважины (рис. 33) и для почв поблизости безаварийных скважин в пределах останца террасы (рис. 34) были рассмотрены для трех групп почв: ТПО, техногенно-измененных и естественных в период с 2009 по 2013 годы. Материалы за 2009 год были предоставлены сотрудниками заповедника. Для обоих участков исследования характерно постепенное снижение значений pH техногенных и техногенно-измененных почв, что свидетельствует об идущих процессах восстановления и самоочищения почв. За трехлетний срок наблюдений наиболее заметно изменение щелочно-кислотных условий в ТПО аварийного участка, где значения pH снизились почти на единицу. Техногенное подщелачивание почв приводит к увеличению мобильности органического вещества и обеднению запасов гумуса. Таким образом, процесс почвообразования на субстрате со щелочной реакцией среды может существенно замедляться.

Также резкая смена кислотно-щелочных условий приводит к формированию геохимических барьеров, на которых аккумулируются ряд тяжелых металлов (Перельман, Касимов, 1999).

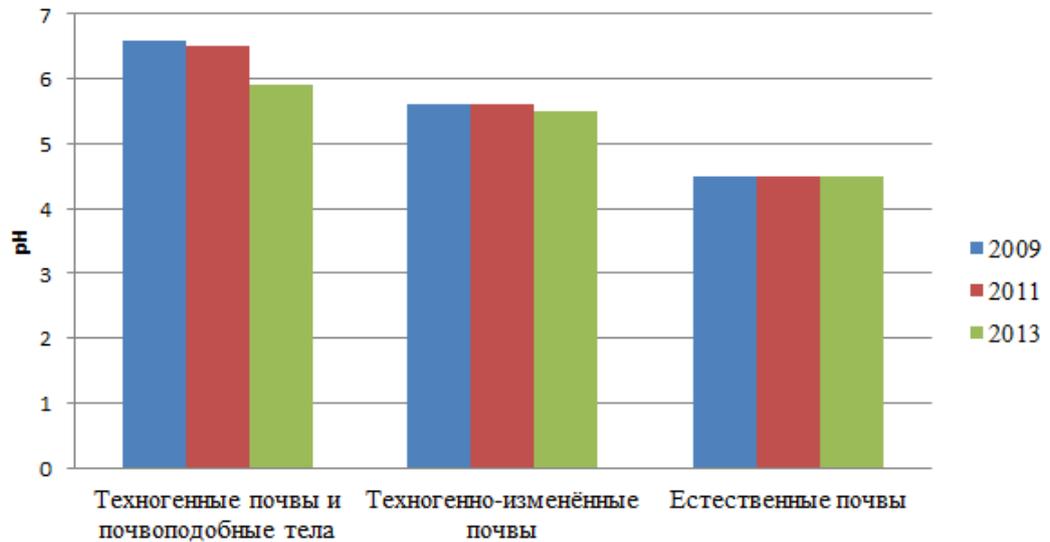


Рисунок 33. Изменения щелочно-кислотных условий почв аварийного участка за 2009-2013 гг.

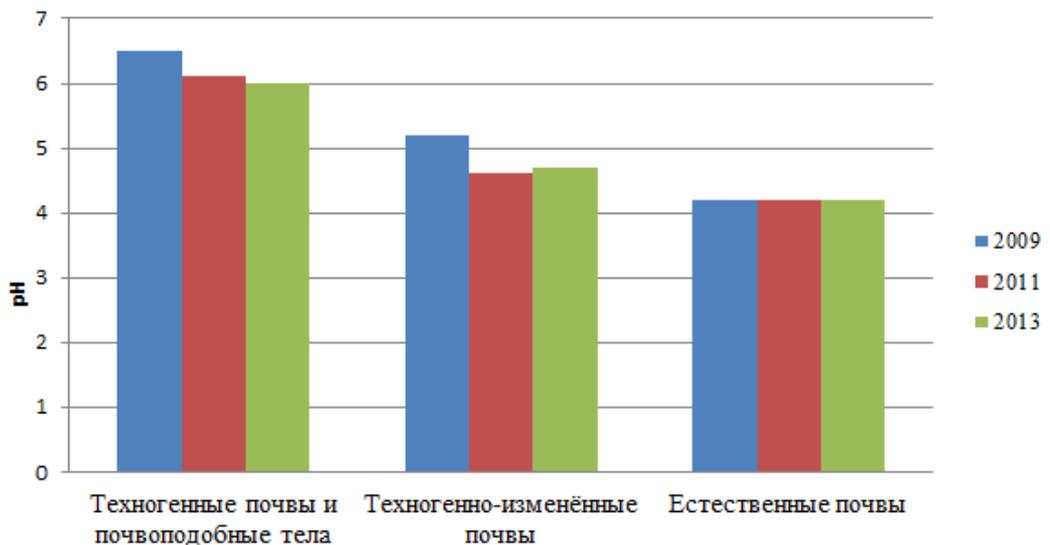


Рисунок 34. Изменения щелочно-кислотных условий почв безаварийного тундрового участка за 2009-2013 гг.

4.2.2.3. Содержание органического углерода

Наличие в составе техногенных потоков нефтепродуктов определяет поступление дополнительного количества углерода и повышение его содержания в почвенной массе. Количественные характеристики изменений содержания показателя в почвах в зоне воздействия Кумжинского ГКМ приведены в табл. 9 и на рис. 35-37. Наименьшее содержание органического углерода (0,2 %) имеют опесчаненные техноземы аварийного участка и

технической площадки скважин, расположенных на останце речной террасы. В почвах с морфологическими признаками загрязнения углеводородами содержание приближается к 3 %.

Таблица 9

Содержание органического углерода в почвах, загрязненных газоконденсатом

Горизонт	Глубина, см	Органический углерод	Отношение к органическому углероду в фоновых почвах
<i>Аллювиальная перегнойно-окисленно-глеевая</i>			
АО	0-17	2,27	2,18
BF	17-42	1,4	1,6
G	42-52...	1,5	1,8
<i>Дерновая на техногенном наносе</i>			
АО	0-4	2,00	1,91
ТГ1	4-17	0,58	0,68

Анализ литературы (Габбасова, 1997; Блохина, Середина, 2009; Середина и др., 2010) и собственные данные показывают, что высокая геохимическая активность техногенных потоков в районах нефтегазоконденсатных месторождений приводит не только к его накоплению в поверхностных горизонтах, но и перераспределению в почвенном профиле.

Выделяются следующие основные типы радиального распределения органического углерода (рис. 35-37) в зависимости от свойств почв, наличия погребенных горизонтов и характеристик горизонтов деятельного слоя (главным образом от степени оглеения и аэрации).

1. *Поверхностно-аккумулятивный* тип дифференциации с максимумом органического углерода (1,3-2,3 %) в органогенных горизонтах (рис. 35). Он характерен в основном для профилей грубогумусовых почв на техногенном субстрате (разрезы 15-13 и 10-13) а также почв склонов технических площадок (разрез 11-13). В ряде случаев наблюдается незначительное увеличение содержания в нижней части профилей. Так, например, в почвах тяжелого механического состава с хорошо выраженным глеевым горизонтом, загрязненных НП, оно наблюдается с глубины 30-40 см. Такой характер распределения имеют также почвы поблизости 14 скважины (разрез 11-13) и площадки скважин 1 и 2 (разрез 15-13). Для грубогумусовой ожелезненной по погребенной грубогумусовой опесчаненной на техногенном субстрате почвы (разрез 15-13) второй максимум накопления органического углерода связан с погребенным горизонтом [Стг], который мог получить дополнительный углерод как в результате химического загрязнения, так и поступления из вышележащего погребенного горизонта [АО].

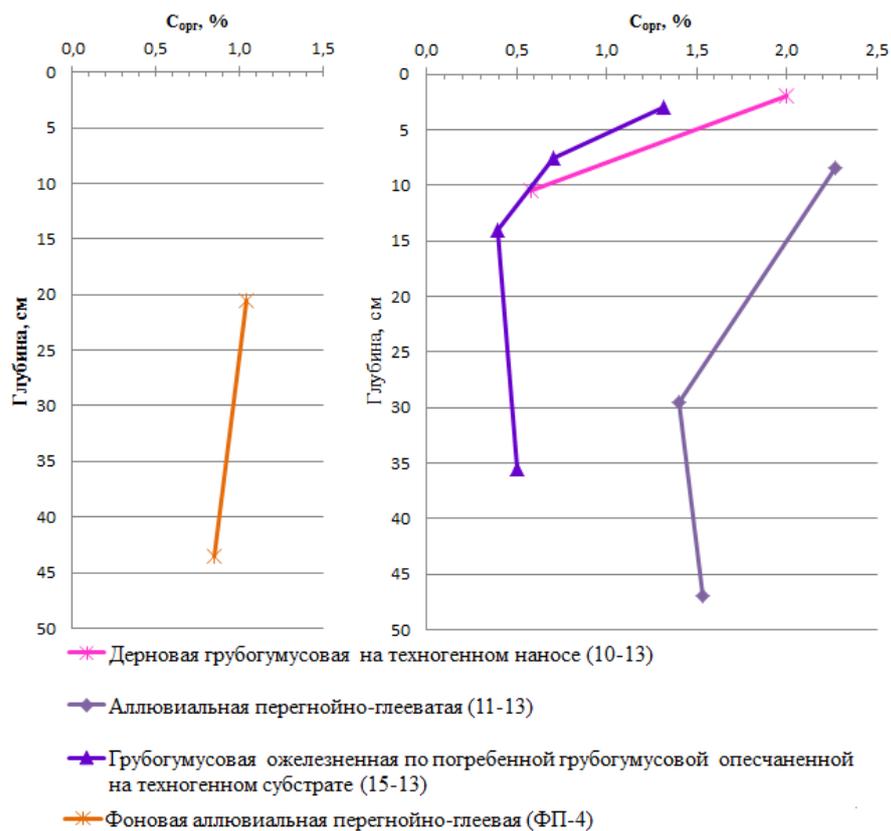


Рис. 35. Поверхностно-аккумулятивный тип распределения органического углерода в профилях почв

2. *Поверхностно-срединно-аккумулятивный* с двумя максимумами в профиле. Наглядный пример - грубогумусовая окисленно-глееватая почва (разрез 4-13), вскрытая на небольшом удалении от обваловки на аварийном участке (рис. 36). В органогенном горизонте концентрация органического углерода составляет 2,2 %. С глубиной содержание элемента снижается в глеевом горизонте до 1,1 %, затем, в горизонте CG снова возрастает до 1,9 %. Максимальное накопление органического углерода в глеевых горизонтах можно объяснить тем, что они играют роль водоупора, удерживающего нефтепродукты, поступающие в почвы в составе техногенных потоков.

3. *Грунтово-аккумулятивный* с максимумом в глеевом горизонте. В грубогумусовой глеевой на техногенном субстрате поблизости вышки на аварийном участке (разрез 1-13), наблюдается максимум содержания органического углерода в глеевом горизонте, что связано с поступлением углеводов и их аккумуляцией на геохимическом барьере (рис. 37). Аналогичный характер распределения органического углерода имеет место в грубогумусовой на техногенном субстрате по погребенной аллювиальной ожезненной почве, вскрытой в разрезе 21-13 поблизости скважины 19. Максимальное содержание органического углерода было обнаружено в погребенном органогенном горизонте (2,9%), что резко контрастирует с содержанием около 1% в верхнем горизонте.

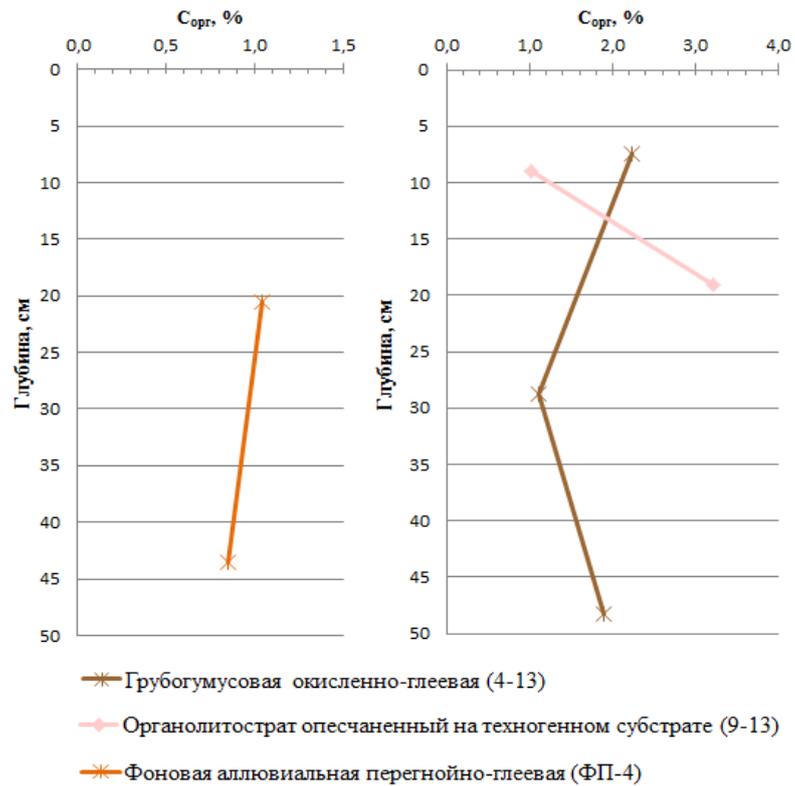


Рис. 36. Поверхностно-срединно-аккумулятивный тип распределения органического углерода в профилях почв и ТПО

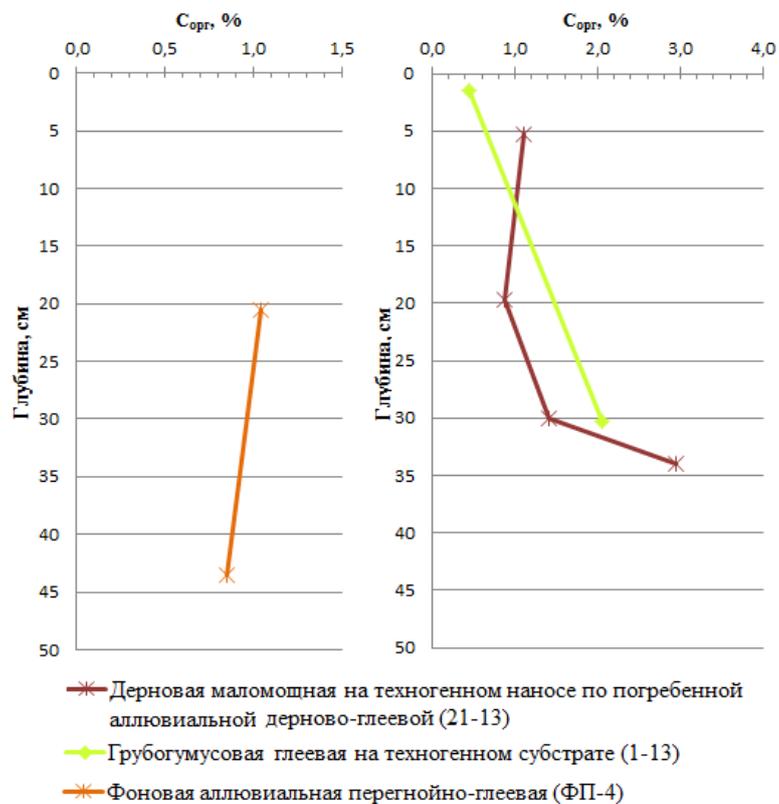


Рис. 37. Грунтово-аккумулятивный тип распределения органического углерода в профилях почв

Незначительное увеличение содержания органического углерода может благоприятно сказаться на состоянии растительности, как это, по всей видимости, произошло в пределах пойменного безаварийного участка поблизости скважины № 19.

4.2.2.4. Содержание техногенных углеводородов

Одной из основных характеристик техногенно-трансформированных почв является повышенное содержание нефтепродуктов. Необходимо отметить, что на территории промысла природные системы, не имеющие морфологических признаков загрязнения, отличаются в геохимическом отношении от аналогичных вне нефтеносных структур (Солнцева, 1998). Этому способствует региональный разнос поллютантов (Пиковский, 1988, 1993), что особенно актуально для имеющих долгую историю освоения провинций, подобных Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

В связи с вышесказанным, сравнение содержания углеводородов в почвах исследуемой территории проводилось по региональным нормативам, принятым для Ненецкого автономного округа в 2011 году. Данный документ учитывает фоновое содержание нефтепродуктов в почвах и донных отложениях различного механического состава, характерное для округа, а также содержит данные об остаточном содержании нефтепродуктов в почвах и донных отложениях земель различных кадастровых категорий, прошедших рекультивацию.

В отличие от нефти, в составе газоконденсата, как правило, отсутствуют тяжелые фракции, а также присутствуют более простые соединения (Бакиров, 1982). Извлекаемый газоконденсат содержит воду и твердые частицы механических примесей (Воробьев и др., 1999), а также зачастую сероводород и сернистый ангидрид, окислы азота и галогены. В данной работе под содержанием нефтепродуктов подразумевается содержание неполярных органических соединений, вытягиваемых гексановой вытяжкой.

Радиальная дифференциация почвенного профиля по содержанию нефтепродуктов в пойменных условиях, как правило, относится к *поверхностно-аккумулятивному* типу с максимумом в органогенных горизонтах. Подобный тип их распределения характерен как для незагрязненных аллювиальных почв (разрезы 14-1 и 14-6), так и для почв с концентрацией этих продуктов, превышающей региональные нормативы. Примером последних являются аллювиальная гумусовая глеевая химически загрязненная (р. 14-2) и грубогумусовая опесчаненная химически загрязненная (р. 14-3) почвы, вскрытые поблизости скважины №14 с содержанием нефтепродуктов в горизонтах АО 27560 мг/кг и 1650 мг/кг соответственно (рис. 38). Данный тип их аккумуляции объясняется большой нефтеемкостью органогенных горизонтов.

В некоторых случаях максимум концентрации нефтепродуктов приходится на техногенные горизонты или иллювиально-гумусовый горизонт. *Срединно-аккумулятивный* тип

дифференциации характерен для грубогумусовых почв на техногенном субстрате поблизости скважины №19 и почв технической площадки скважины №14 (разрезы 21-13, 24-13 и 10-13) (рис.39). Возможно, такой тип распределения связан с переувлажненностью органомогенных горизонтов, что не позволяет УВ закрепляться в верхних горизонтах.

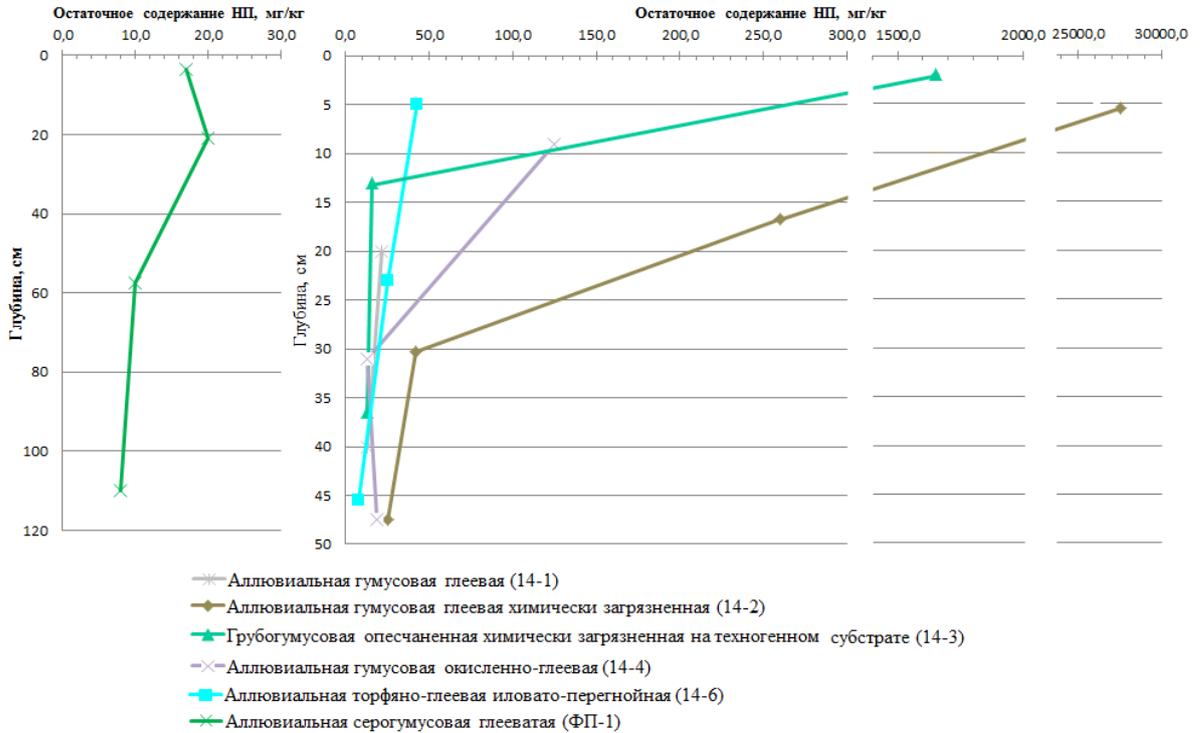


Рис. 38. Содержание нефтепродуктов в почвах пойменного комплекса поблизости безаварийных скважин по сравнению с фоном.

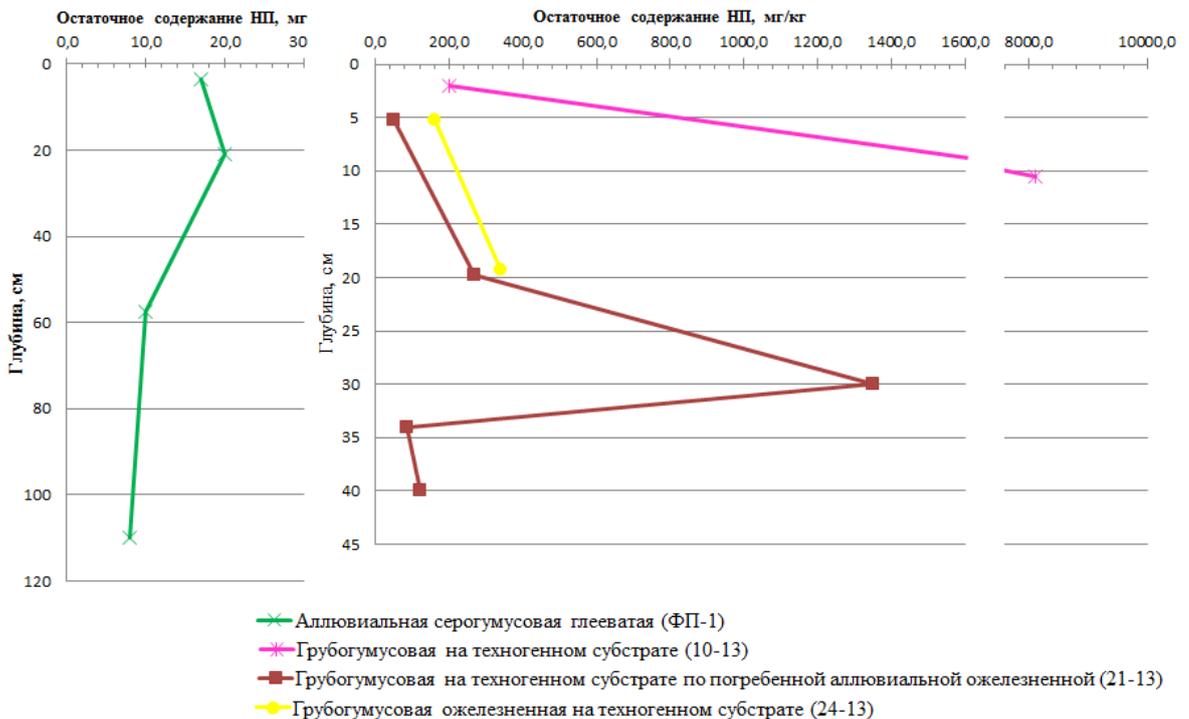


Рис. 39. Содержание нефтепродуктов в почвах пойменного комплекса поблизости безаварийных скважин по сравнению с фоном

В большинстве случаев обнаруженные нефтепродукты относятся к первому классу (легкие), за исключением органического горизонта аллювиальной торфяно-глеевой иловато-перегнойной почвы (14-6) в мезопонижении к северо-востоку от скважины №14, где они были отнесены ко второму и грубогумусовой почве технической площадки (разрез 10-13), а здесь - к третьему. Следы серы были обнаружены в их составе в нижнем горизонте аллювиальной гумусовой глеевой почвы (14-1).

Латеральное распределение нефтепродуктов в пределах исследуемого безаварийного участка достаточно контрастно (рис. 40).

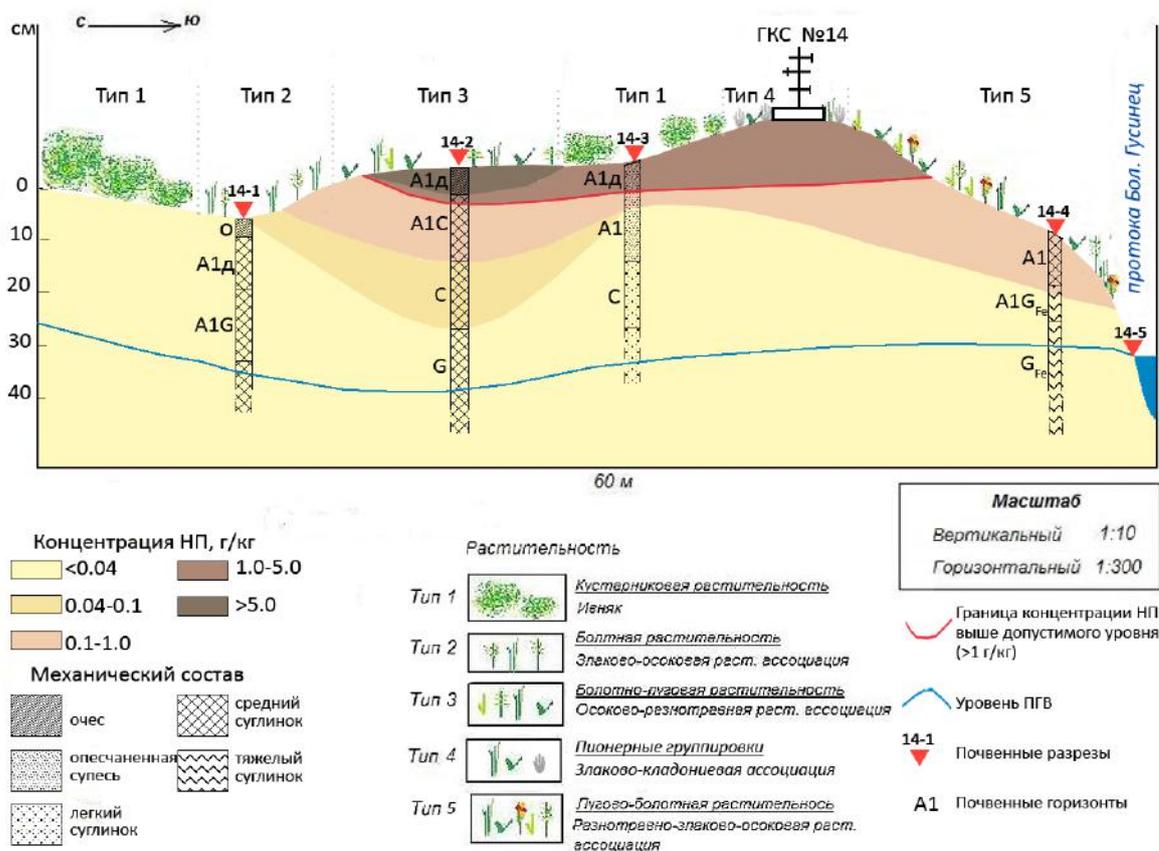


Рис. 40 Комплексный профиль безаварийного участка скважины №14 по данным 2011 года.

Максимум содержания углеводов наблюдается в органическом горизонте почв, расположенных у подошвы склона технической площадки скважины. Более легкий механический состав почв к северу от скважины способствует внутрипочвенной миграции поллютантов на большее расстояние. В пределах технической площадки и в понижениях вокруг нее наблюдается превышение региональных нормативов содержания нефтепродуктов в почвах рекультивированных земель.

В 2013 году отбор проб проводился также на расстоянии до 200 м от скважины по направлению к бессточному заболоченному озеру с целью выявить возможную миграцию углеводов в данном направлении, на которую указывали результаты, полученные в 2011 году. Уровень загрязнения верхних горизонтов почв в 12 м от скважины в 2013 году составил

8100 мг/кг, что превышает региональные нормативы. Данная концентрация наблюдается в грубогумусовой почве на техногенном субстрате, которым сложена техническая площадка скважины. Её профиль состоит из горизонтов АО, ТГ и Стг. Верхний горизонт имеет малую мощность и песчаный состав, и, по-видимому, он не может являться биогеохимическим барьером для неафепродуктов, так как образовался уже после прекращения буровых работ. Основной нефтесодержащий горизонт в профиле - залегающий ниже техногенного, сложенный среднезернистым песком с включением гальки и дресвы. По мере удаления от скважины содержание углеводородов уменьшается (рис. 41).

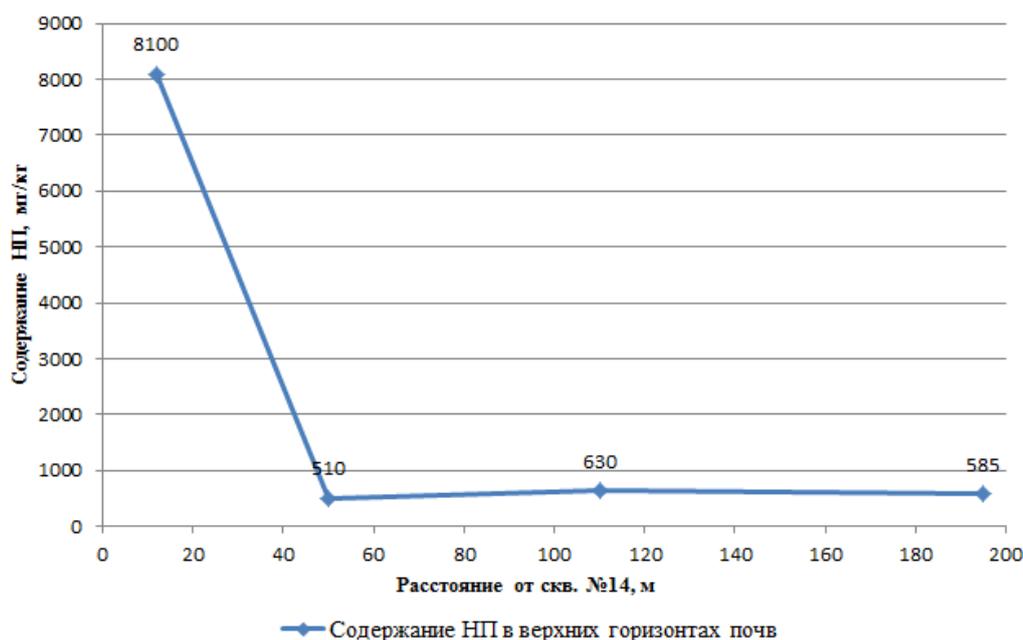


Рис. 41. Содержание нефтепродуктов в верхних горизонтах почв в зоне воздействия скв. №14 (2013 г)

При исследовании аварийного участка, сравнительно небольшого по площади, выявлена большая контрастность (аналогичная описанной выше по рН) по остаточному содержанию углеводородов в почвах. По данным исследования в 2011 году максимальные концентрации отмечаются в пределах обваловки по левому берегу, где были расположены основные элементы инфраструктуры промысла, а также у Малого Грифона (рис. 42).

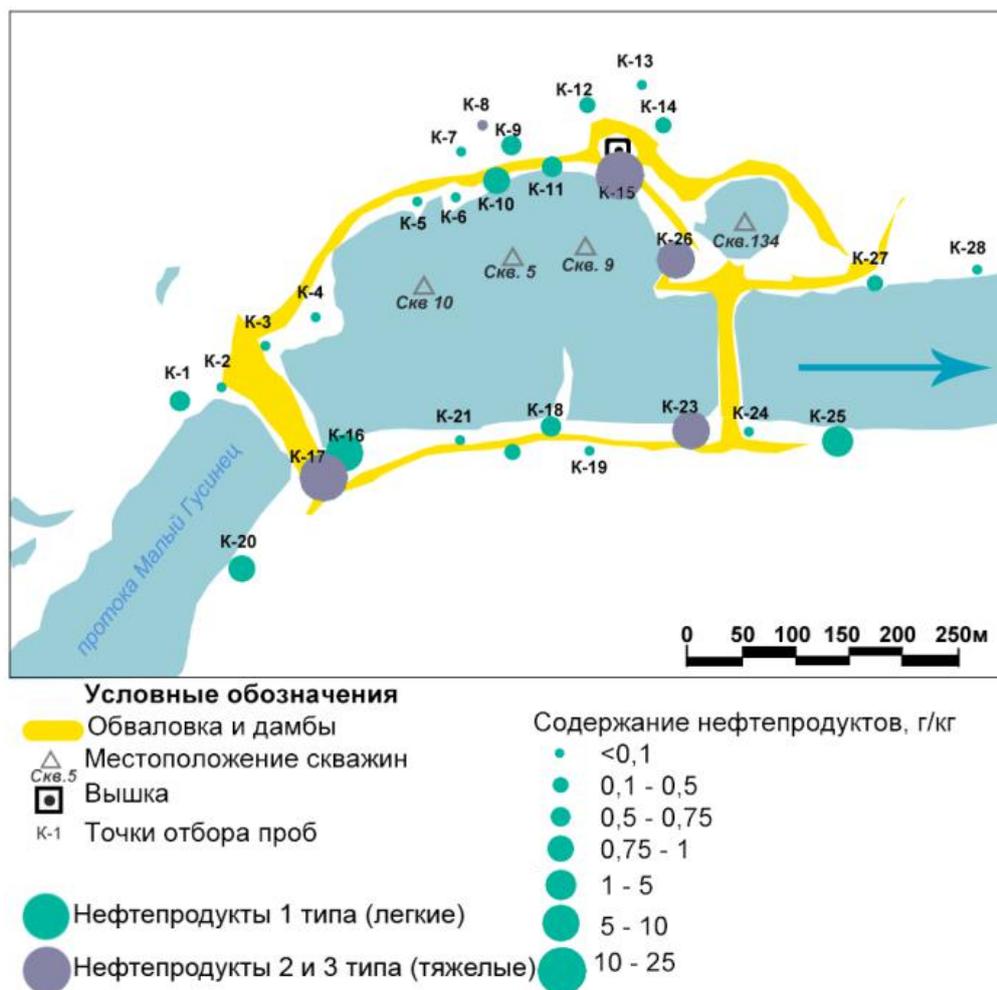


Рис. 42. Остаточное содержание нефтепродуктов в пробах, отобранных на аварийном участке в 2011 г.

Как видно из рис. 42 концентрации нефтепродуктов меняются в широких пределах, что связано с рядом факторов, влияющих на их распределение, и самим составом загрязняющих веществ. В наиболее загрязненных пробах (К-15, К-17, К-23 и К-26) они относятся к 2 и 3 типам, так же, как и в сильно оглееных почвах за обваловкой на левом берегу (К-8). Следы серы выявлены для точек со сравнительно низкой их концентрацией, не превышающей фоновые значения – К-7 и К-24, а также существенно загрязненной пробы К-26.

Для грубогумусовых маломощных почв на техногенном субстрате, описанных поблизости от вышки (К-15) выявлено превышение концентрации нефтепродуктов над нормативами для земель водного фонда до 17 раз. Также крайне высоки их концентрации в почвах поблизости Малого Грифона, где они составляют 24300 мг/кг, что более чем в 30 раз превышает нормативы. Концентрации нефтепродуктов в почвах быстро падают по мере удаления от водохранилища: так уже в 100 м от нижней дамбы их содержание составляет 18 мг/кг почвы. В целом же, наименьшие концентрации отмечаются выше по течению от источника воздействия на левом берегу, в том числе и за пределами обваловки. Большая часть проб, отобранных на данном участке, имеют супесчаный механический состав, или же являются средне- и

крупнозернистыми песками. Несмотря на фильтрационные свойства песков, концентрации нефтепродуктов в них достаточно велики. В пределах обваловки это, скорее всего, связано с воздействием вод на почвы, насыщенных углеводородами, во время весенних паводков.

Проведенный в 2013 г. выборочный анализ содержания нефтепродуктов в почвах, выявил широкий диапазон колебаний показателя от 60 (К-12) до 5200 (К-19) мг/кг и еще раз подтвердил, описанные выше закономерности в загрязнении почв.

Почвы, исследованные за защитной обваловкой, в целом содержат меньшее количество нефтепродуктов: их концентрация не превышает региональные нормативы (разрез Т-1, пробы К-10, К-11). Однако в пробах К-10 и К-11 значения довольно высокие в связи с тем, что во время эксплуатации скважин 5, 9, 10 на левом берегу располагались основные элементы инфраструктуры (рис. 43).

В пределах защитной обваловки повышение концентрации НП в почвах также связано с сезонным воздействием паводков. Превышение региональных нормативов наблюдается в точках К-6, К-19 и К-22, при этом в двух первых точках нефтепродукты относятся ко 2 и 3 типам. В части проб обнаружены следы серы, что, по всей видимости, связано с переувлажнением почв.

Изменения содержания нефтепродуктов в почвах аварийного участка за 2011 и 2013 годы свидетельствуют о некоторой положительной динамике и возможной активной латеральной миграции поллютантов в почвах легкого механического состава (рис.44). Сравнение содержания нефтепродуктов в почвах и донных отложениях аварийного участка в 2011 и 2013 годах подтверждает данные заповедника о продолжающемся в настоящее время их поступлении в почвы, донные отложения и природные воды на аварийном участке, а также сезонной и многолетней изменчивости уровня загрязнения почв (Шиманский, 2004).

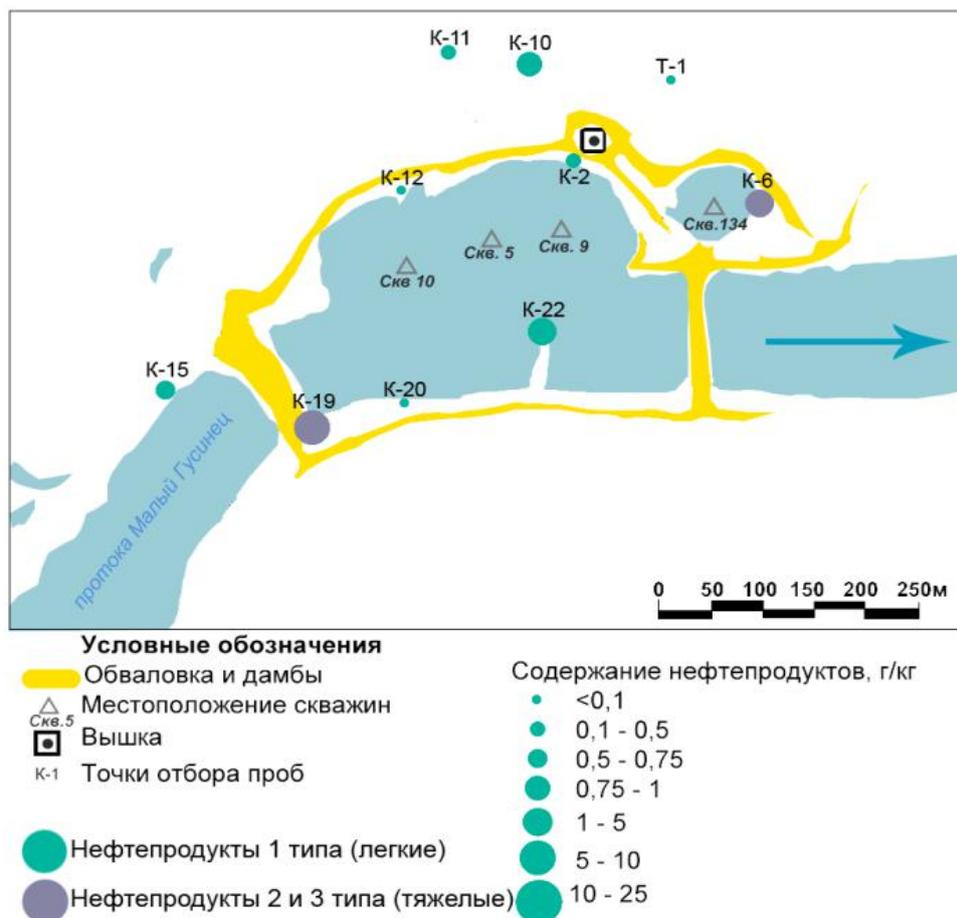


Рис. 43. Остаточное содержание нефтепродуктов в пробах почв, отобранных на аварийном участке в 2013 г.

Для химически загрязненных ТПО, около Малого Грифона (K-19), и других точек, расположенных на правом берегу в юго-восточной и юго-западной части водохранилища, наблюдается уменьшение содержания нефтепродуктов. Также понизились их концентрации в почвах, расположенных выше по течению от водохранилища (K-15). Незначительное повышение их содержания характерно для почв за пределами обваловки по левому берегу, что, скорее всего, связано с проводившимся в 2013 году заповедником привозом грунта для обваловки и созданием насыпных дорог на данном участке (рис. 43). Динамика изменения содержания углеводородов на аварийном участке зависит не только от процессов самоочищения почв, но и от циклических процессов: поступления углеводородов в весенний период с половодьем, обновления дамбы и обваловки с их пересыпкой грунтом, перекрывающим загрязненные горизонты почв.

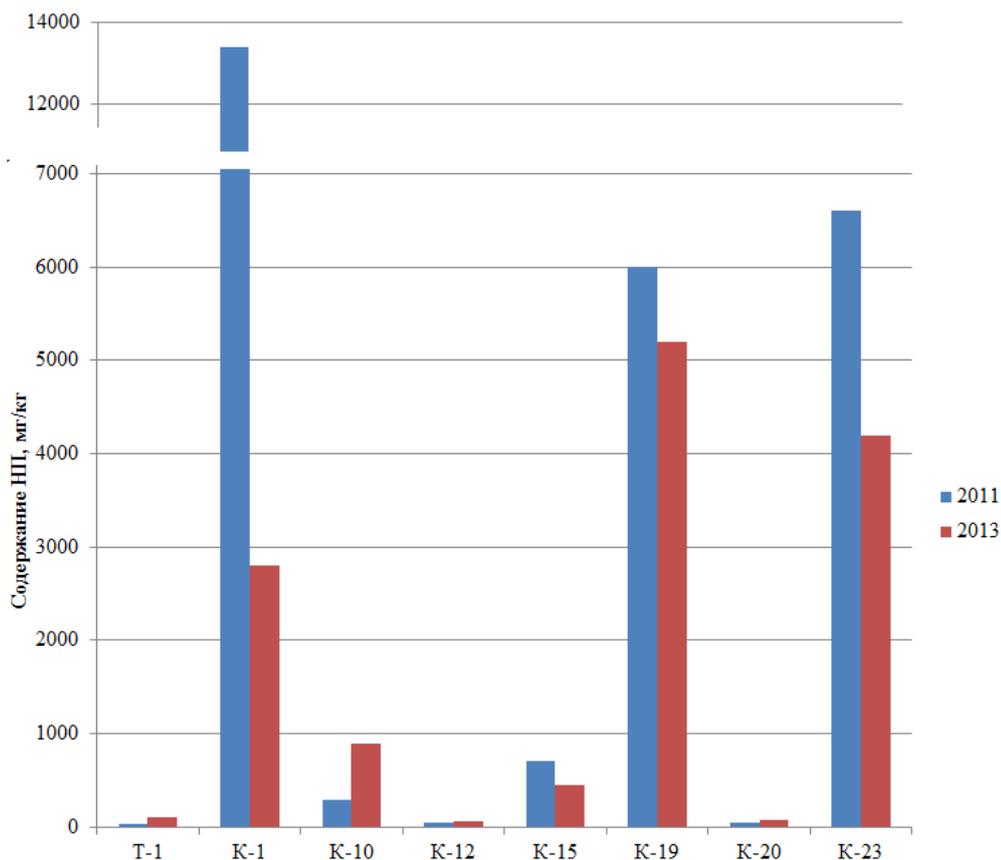


Рис. 44. Изменение остаточного содержания нефтепродуктов для точек в пределах аварийного участка, в 2011 и 2013 годах.

Почвы останцов террас, подвергшиеся техногенному воздействию, отличаются более легким механическим составом, чем большинство исследуемых аллювиальных почв. Это касается и почв, формирующихся на техногенном субстрате в пределах технической площадки скважин 1 и 2. Легкий механический состав почв способствует активной латеральной и радиальной миграции нефтепродуктов. Органогенный горизонт с существенной долей корней и не переработанных органических остатков служит биогеохимическим барьером, задерживающим нефтепродукты. Во всех исследованных точках нефтепродуктов, обнаруженные в органогенных горизонтах, относятся ко второму типу. Следы серы характерны для них в органогенных горизонтах грубогумусовых почв на техногенном субстрате (разрезы Т-2, Т-3).

Таким образом, в большинстве исследованных почв на данном участке отмечается *поверхностно-аккумулятивный* тип распределения нефтепродуктов по профилю. Почвы в пределах технической площадки отличаются повышенным их содержанием, достигающим концентрации 1500 мг/кг в органогенном горизонте грубогумусовых почв на техногенном субстрате (Т-1). В почвах, формирующихся в 40-50 м от скважин, а именно грубогумусовой маломощной на техногенном субстрате по погребенной грубогумусовой глееватой (Т-2),

отмечаются еще более высокие содержания нефтепродуктов в верхних горизонтах (4900 мг/кг) (рис. 45).

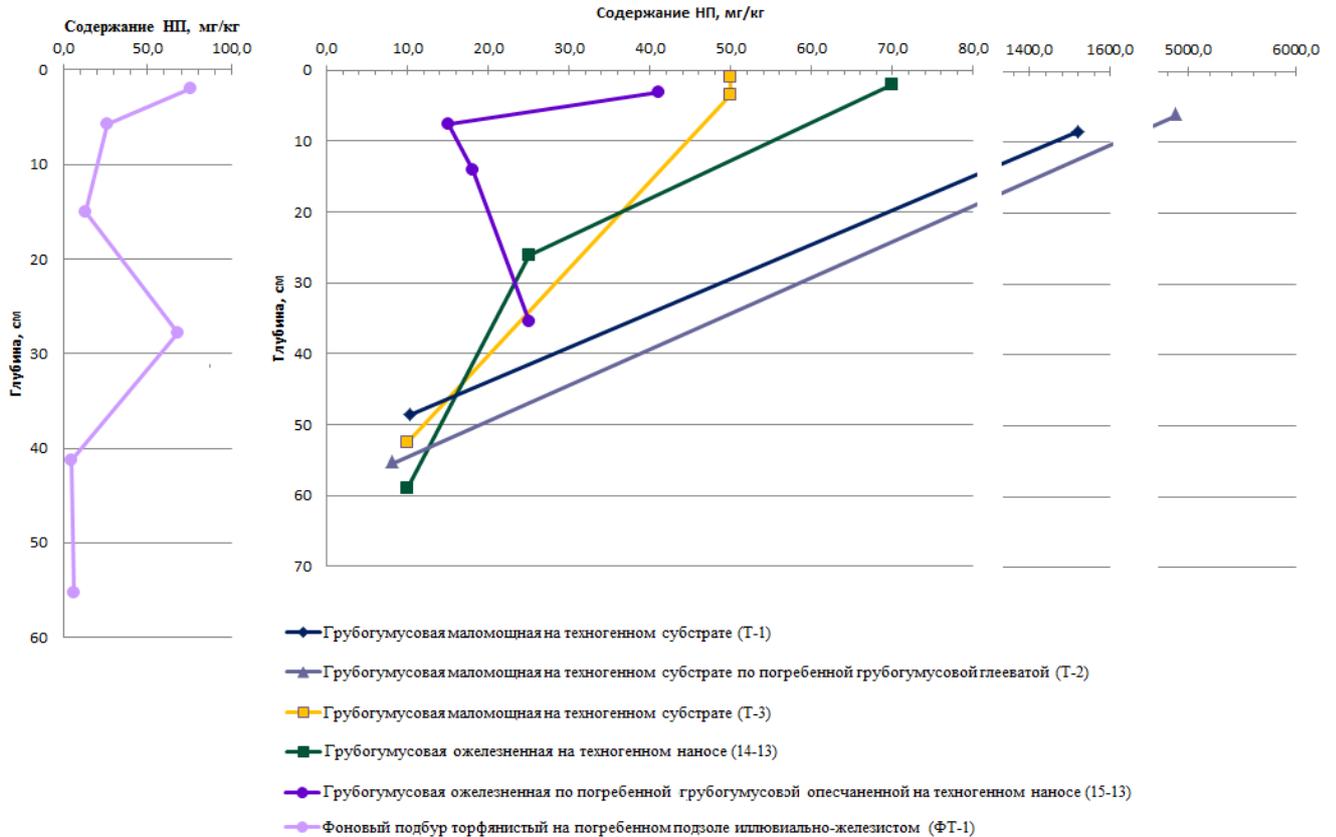


Рис. 45. Содержание нефтепродуктов в почвах останцов террас

Заметно отличается распределение нефтепродуктов в профиле ТПО маломощного по органолисторату опесчаненному на техногенном субстрате (разрез 6-13). Из отчетов заповедника известно о проводившейся рекультивации площадки скважин 1 и 2, в рамках которой также пески технической площадки пересыпались материалом гумусовых горизонтов на высоту порядка 20 см. В результате склоновых процессов и развевания песков материал органогенных горизонтов был пересыпан небольшим слоем песка. Наблюдаются два максимума концентрации нефтепродуктов в профиле описываемой почвы (500 и 640 мг/кг соответственно) и сравнительное с фоновым содержание в гумусированном материале (50 мг/кг). В погребенном техногенном горизонте нефтепродукты относятся ко второму типу, тогда как в лежащих над ним горизонтах к первому.

Для почв технической площадки скважин 1 и 2 характерно высокое содержание нефтепродуктов в органогенных горизонтах, в естественных почвах на расстоянии 100 и 500 м скважин их содержание не превышает фоновое.

За период с 2011 по 2013 существенно снизилось содержание углеводов в органогенных горизонтах ТПО и техногенно-трансформированных почв, что говорит о возможной миграции поллютантов в почвах легкого механического состава (рис 46).

Существенные изменения в содержании нефтепродуктов для ТПО в пределах технической площадки, возможно, также связаны с проведенными в 2012 году рекультивационными мероприятиями по ликвидации последствий загрязнений.

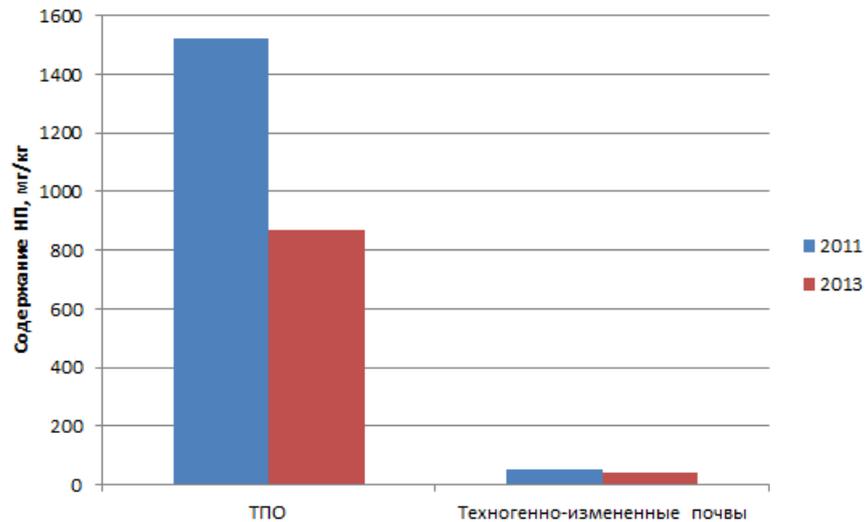


Рис. 46. Изменение концентрации нефтепродуктов в ТПО и техногенно-измененных почвах в пределах останца террас в 2011-2013 гг.

Аккумуляция нефтепродуктов, как правило, либо приурочена к загрязненным погребенным горизонтам, либо связана с сорбционным геохимическим барьером в органогенных горизонтах почв. Концентрации нефтепродуктов, превышающие 1 г/кг почвы оказывают существенное воздействие на морфологические признаки почвенных горизонтов, водно-воздушный режим почв, приводя к увеличению гидрофобности субстрата, формированию восстановительной обстановки и смещению щелочно-кислотной реакции.

4.2.2.5. Загрязнение почв тяжелыми металлами.

Как показывает анализ литературы (Аристовская, 1980; Московченко, 1998; Добровольский, 2004; Водяницкий, 2008) и собственные материалы накопление нефтепродуктов в гумусовых и органогенных горизонтах почв в районах добычи углеводородного сырья сопровождается их загрязнением постоянными геохимическими спутниками – тяжелыми металлами (ТМ). Как отмечалось выше, эти поллютанты входят в состав буровых растворов и газоконденсата, и попадают в природную среду и почвы при аварийных ситуациях, сжигании попутного газа и работе техники (Лапшина, Блойтен, 1999; Королева, 2010). Выявление уровня загрязнения почв и ТПО в районах добычи углеводородного сырья ТМ являлось одной из задач настоящего исследования при оценке их экологического состояния.

За последние десятилетия накоплен обширный материал по этой проблеме, разработаны теоретические основы учения о ТМ, определены средние содержания токсичных микроэлементов в почвах разных типов, выяснена роль отдельных почвенных компонентов в

связывании тяжелых металлов (Зонн, 1982; Евдокимова, 1985; Алексеев, 1987; Прохорова, Матвеев, 1996; Добровольский, 1997; Trefry et al., 2003; Водяницкий, 2008). Показано, что подвижные формы тяжелых металлов по сравнению с валовыми доступнее для организмов, экологически более опасны и, как правило, образуют особенно контрастные и протяженные аномалии (Зырин и др., 1982; Соколова и др., 2006). По некоторым из ТМ установлены научно обоснованные предельные уровни их содержания в почвах при техногенном загрязнении от разных источников, в т.ч. в районах добычи углеводородного сырья. Многими исследователями выявлен ряд ограничений при разработке нормативов. Они связаны с географической дифференциацией (типы/подтипы почв, гранулометрический состав, содержание гумуса, емкость катионного обмена, показатели кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств и др.), характером, уровнем и длительностью техногенных нагрузок на почву и др., правилами сбора и анализа фактических данных.

Для оценки воздействия добычи углеводородного сырья на окружающую среду и почвы в работе используются методы геохимии ландшафтов, которые обеспечивают возможность выявления аномальных содержаний элементов в почвах. При этом основой для оценок является ландшафтно-геохимический фон рассматриваемой территории.

В качестве критериев выявления поступления поллютантов в почвы в работе используется: а) наличие геохимических аномалий подвижных форм тяжелых металлов, относящихся к первому классу опасности – Pb, Zn и Co и второму – Ni и Cu; б) характер радиального перераспределения элементов по профилю, и латерального в ландшафтах; в) состав ассоциации загрязнителей. При оценке проводилось определение стандартных геохимических показателей (коэффициенты накопления и рассеяния относительно кларков литосферы, техногенной концентрации элементов относительно фона (Кс)) и санитарно-гигиенических показателей (ПДК) (табл. 10).

Таблица 10

Концентрации подвижных форм тяжелых металлов в фоновой аллювиальной перегнойно-глеевой почве и их ПДК (мг/кг) (ГН 2.1.7.2041-06)

Название ТМ	ПДК (мг/кг)	Содержание в фоновой аллювиальной перегнойно-глеевой почве (р.22-13) (мг/кг)
Кобальт	5,0	4,96
Медь	3,0	0,44
Никель	4,0	2,42
Свинец	6,0	2,07
Цинк	23,0	0,70

Тяжелые металлы в почвах безаварийных участков. Органогенные горизонты (АО, АУ) грубогумусовых и аллювиальных почв в зоне воздействия безаварийной скважины № 14

имеют низкую степень загрязнения ТМ. Незначительное превышение ПДК для Cu наблюдается в поверхностном горизонте грубогумусовой почвы на техногенном субстрате в пределах технической площадки (разрез 10-13) и для Ni в аллювиальной гумусовой глеевой почве (рис. 47).

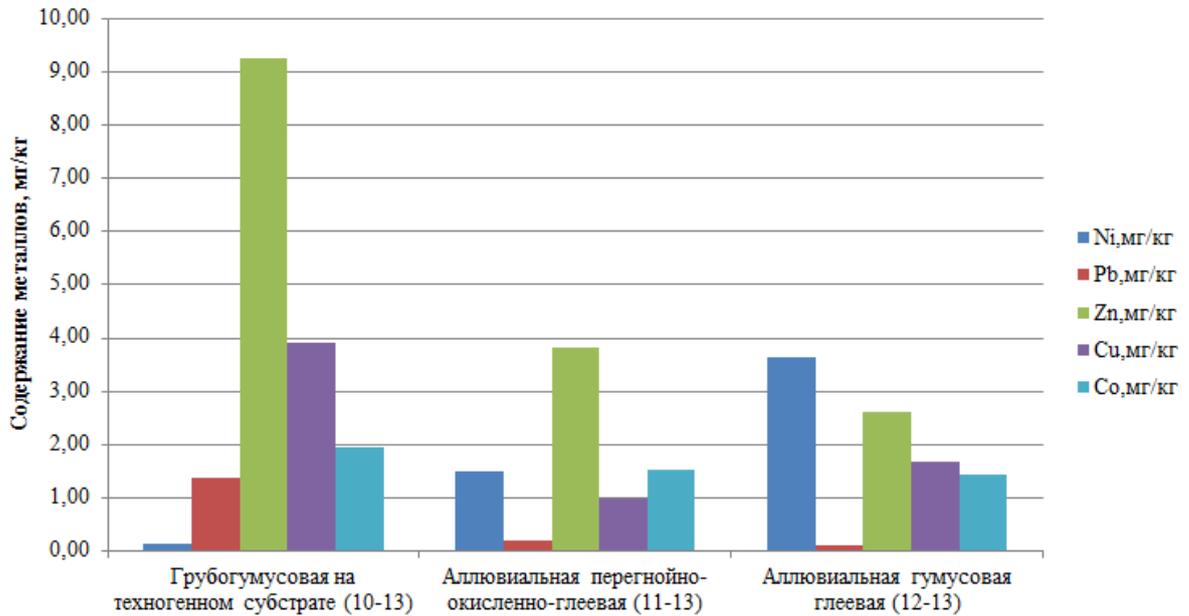


Рис. 47. Содержание подвижных форм Ni, Pb, Zn, Cu, Co в органических горизонтах почв в зоне воздействия безаварийной скважины № 14.

Коэффициенты техногенной концентрации (K_c) токсичных микроэлементов органических горизонтах (АО, АУ) почв в зоне воздействия безаварийной скважины №14 представлены на рис. 48. Коэффициенты для Zn и Co выше величины ($>1,5$), что свидетельствует о техногенном загрязнении почв. Вниз по профилю обычно наблюдается уменьшение содержания подвижных форм ТМ.

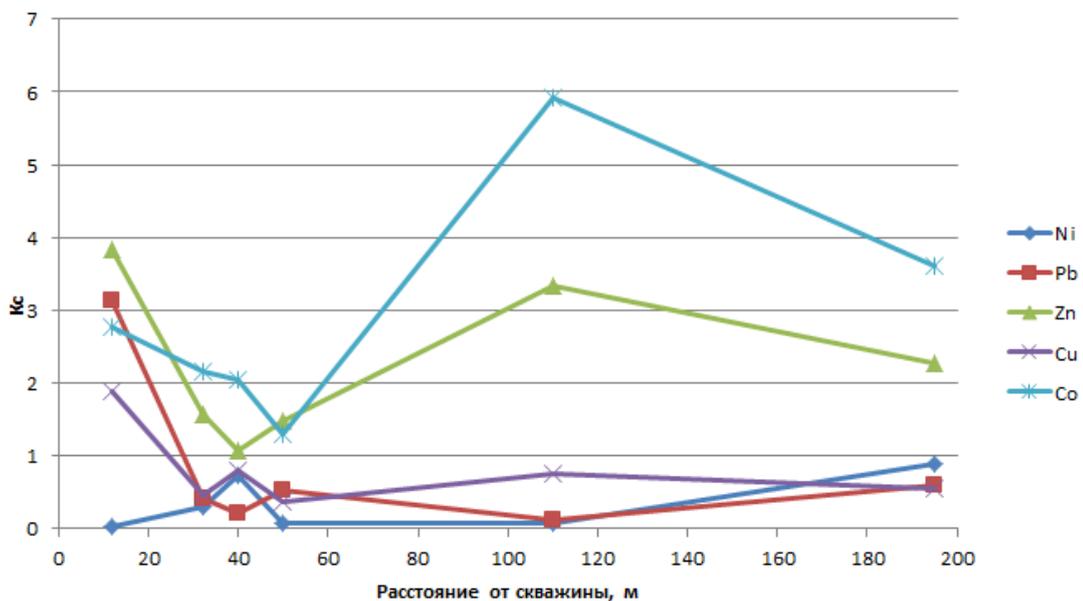


Рис. 48. K_c тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия безаварийной скважины №14.

Для грубогумусовой на техногенном субстрате по погребенной аллювиальной ожелезненной (21-13) почвы, находящейся в зоне влияния безаварийной скважины № 19 установлена полиэлементная ассоциация загрязнителей. Из токсичных микроэлементов, которые накапливаются в наибольшей степени, следует отметить цинк, медь и никель. Значительное превышение ПДК (в 4 раза) наблюдается в поверхностных горизонтах для Zn, содержание которого достигает 80 мг/кг (рис. 49). Превышение ПДК для Cu также существенно – в 2-5 раз. Содержание Ni приближается к предельно допустимым значениям (рис. 48).

Распределение подвижных форм ТМ в профиле этой почвы (21-13) имеет аккумулятивный характер (рис. 49). Максимальное содержание подвижных форм ТМ приходится на техногенный нанос и сформировавшийся на нем дерновый горизонт. В нижележащих горизонтах погребенной аллювиальной дерновой ожелезненной почвы их содержание существенно ниже, только концентрация никеля приближается к ПДК. Другие ТМ содержатся в допустимых количествах.

Опесчаненный с поверхности оганолитострат (разрез 6-13) и грубогумусовая ожелезненная по погребенной грубогумусовой

опесчаненной на техногенном субстрате (разрез 15-13) почва вблизи безаварийных скважин 1 и 2 в пределах останца речной террасы в целом отличаются более низким содержанием

подвижных форм ТМ, чем почвы, описанные поблизости безаварийных скважин в пределах поймы. Превышение ПДК выявлено только для меди в единичной пробе из погребенного техногенного горизонта в разрезе 6-13, расположенного в 43 м к юго-востоку от скважины №2. Характер распределения ТМ по профилю почв сходен с внутривнутрипрофильной дифференциацией содержания нефтепродуктов (рис. 50).

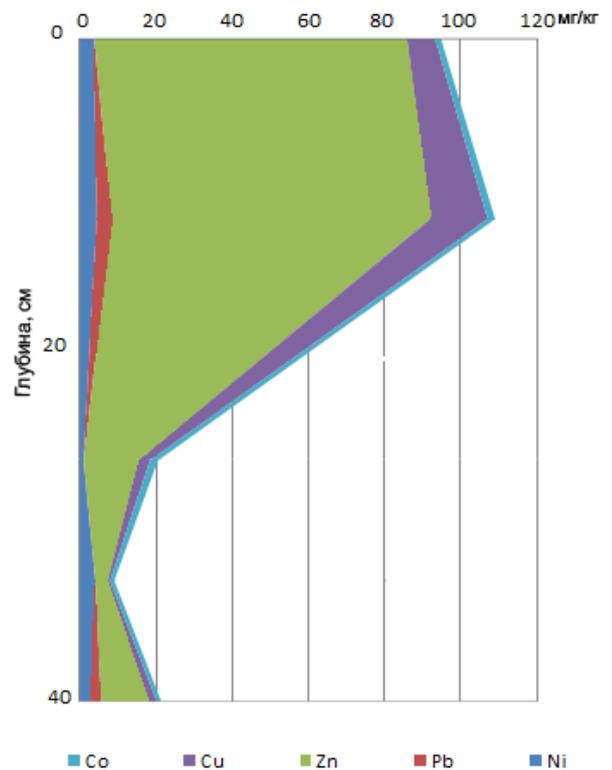


Рис. 49. Радиальное распределение подвижных форм металлов в грубогумусовой на техногенном субстрате по погребенной аллювиальной ожелезненной (21-13) почве (21-13)

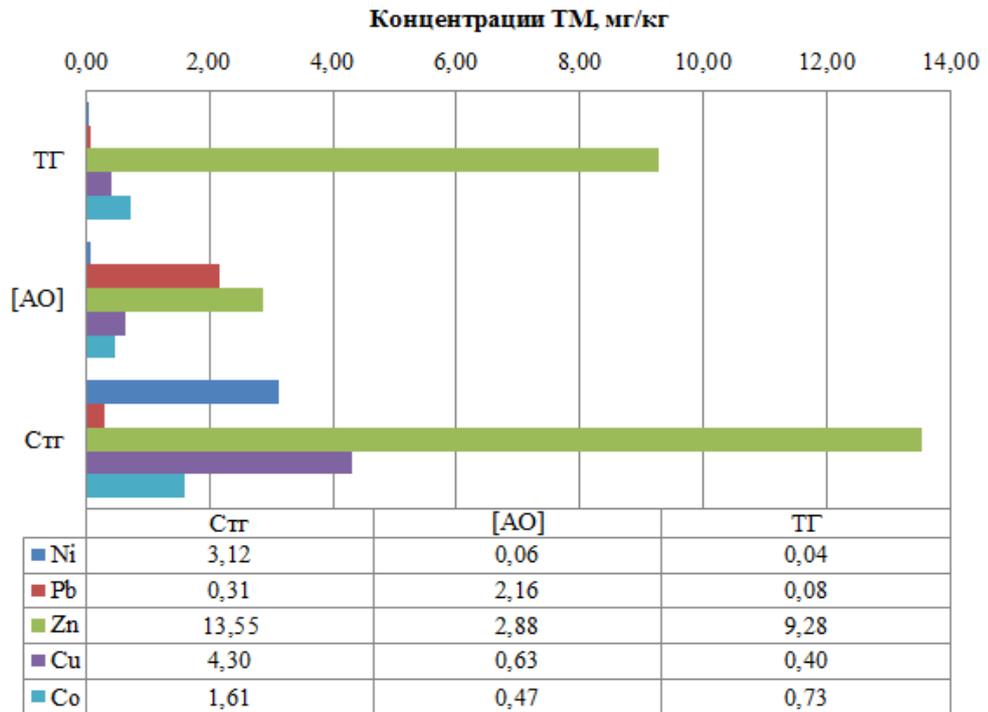


Рис. 50. Содержание подвижных форм ТМ в опесчаненном органолитострате (р. 6-13)

Грубогумусовая ожелезненная по погребенной грубогумусовой опесчаненной на техногенном субстрате почва (разрез 15-13) отличается существенно меньшим содержанием подвижных форм тяжелых металлов (рис. 51). Это, по-видимому, связано с меньшей мощностью органогенных горизонтов, опесчаненностью профиля и почти в три раза большей удаленностью от технологических скважин (рис. 51). Следует отметить, что концентрации ТМ во многих горизонтах сравнимы с фоновыми значениями или меньше их.

Для переувлажненных почв мезопонижений характерны повышенные по сравнению с фоновыми концентрации цинка и кобальта (Кс до 3,3 и 5,9 соответственно). Отличия по радиальному распределению подвижных форм ТМ обусловлены как природными особенностями субстрата (грансостав и др.), так и исходно высоким уровнем загрязнения техногенных наносов, как в случае с ТПО - опесчаненного органолитострата (разрез 6-13).

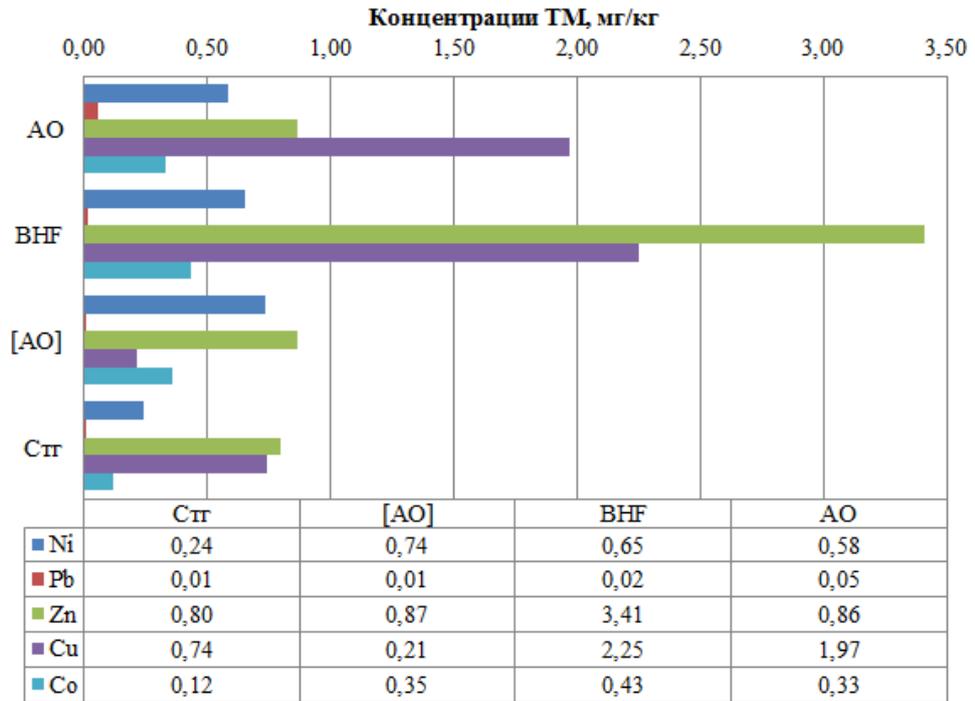


Рис. 51. Содержание подвижных форм ТМ в грубогумусовой ожелезненной по погребенной грубогумусовой опесчаненной на техногенном субстрате почве (15-13)

Тяжелые металлы в почвах аварийного участка. Содержание ТМ в почвах и ПТО аварийного участка сильно варьирует (рис. 52). Превышение фоновых значений (табл. 11) выявлено только для кобальта в нескольких пробах (К-10, К-11, 4АО). Концентрации других ТМ (Ni, Pb, Zn и Cu) в поверхностных горизонтах почв ниже фона ($K_c < 1,5$).

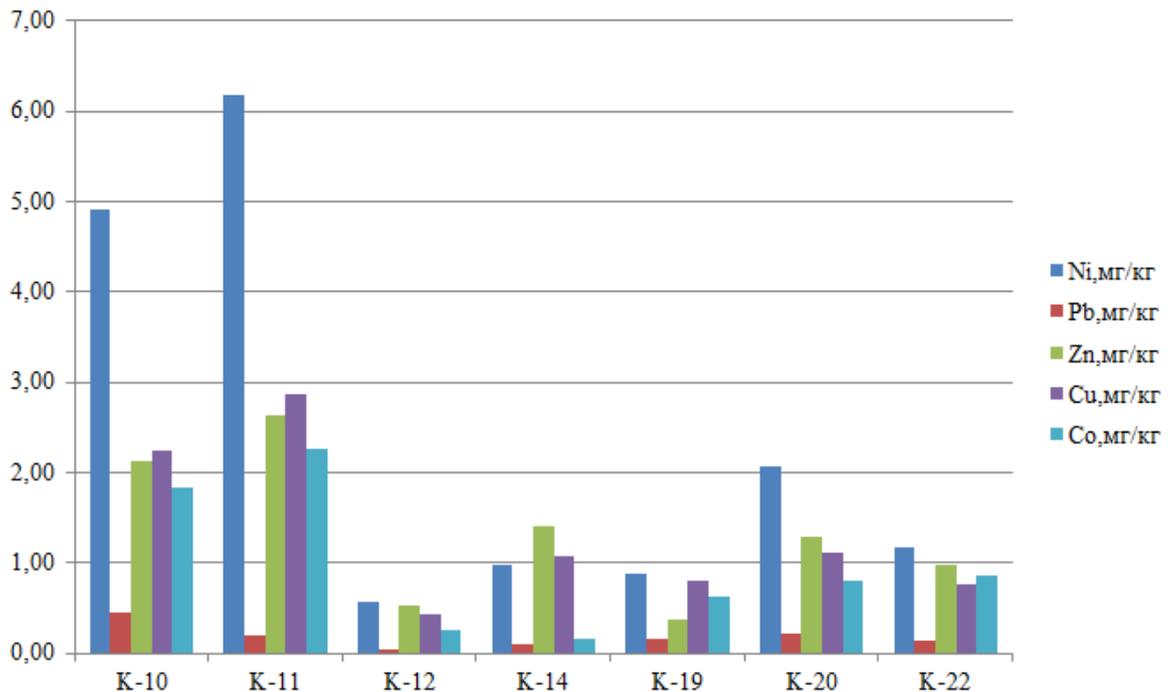


Рис. 52. Содержание подвижных форм Ni, Pb, Zn, Cu и Co в поверхностных (0-20 см) горизонтах почв аварийного участка

Коэффициенты техногенной концентрации Ni, Pb, Zn, Cu, Co в почвах аварийного участка*

Образец, горизонт	Ni	Pb	Zn	Cu	Co
К-10	0,99	1,01	0,88	1,09	2,62
К-11	1,25	0,44	1,09	1,39	3,24
К-12	0,11	0,10	0,22	0,21	0,35
К-14	0,20	0,22	0,58	0,52	0,21
К-19	0,18	0,36	0,15	0,38	0,88
К-20	0,42	0,49	0,53	0,54	1,13
К-22	0,24	0,30	0,41	0,37	1,23
1 Н	0,57	0,09	0,45	0,49	1,15
1 G	1,12	1,70	1,15	0,75	1,32
4 АО	0,95	0,08	1,24	0,64	2,38
4 G	1,10	0,12	0,83	0,90	0,62
4CG	0,95	0,20	0,72	1,00	1,10

*Полужирным курсивом выделены значения, превышающие фоновые ($K_c > 1,5$)

В органогенных горизонтах аллювиальной торфянисто-глеевой и гумусовой глееватой почв (К-10 и К-11) аварийного участка на левом берегу протоки выявлено незначительное превышение содержания никеля над ПДК и близкие к ней концентрации меди. Это в значительной степени связано со среднесуглинистым составом почв понижений по сравнению с почвами аварийного участка, имеющих легкий состав. Содержания других ТМ не превышают допустимые значения. Это свидетельствует о низком уровне загрязнения ТМ почв и ТПО аварийного участка.

Исследование загрязнения почв на территории Кумжинского ГКМ показало, что выявленные аномалии подвижных форм Zn, Cu, Ni и Co имеют локальный характер, обусловленный влиянием техники (в период эксплуатации скважин и на этапе проведения рекультивационных мероприятий), буровых растворов и продолжающимся в настоящее время поступлением газоконденсата из аварийных скважин (Шиманский, 2004). Прямое воздействие инфраструктуры месторождения на загрязнение почв подвижными формами этих элементов особенно выражено в пределах технологических площадок скважин. Наиболее загрязненными на безаварийных участках оказались техногенные субстраты в пределах площадок скважин (разрез 6-13) и поверхностные органогенные горизонты суглинистых почв мезопонижений: аллювиальных перегнойно-глеевых (точки в 110 и 195 м от устья скважины №14). На аварийном участке особенно высокая степень накопления в органогенных горизонтах

аллювиальных торфянисто-глеевых и гумусовой глееватой почв (точки К-10 и К-11) и грубогумусовой окисленно-глеевой (разрез 4-13) наблюдается у кобальта, что обусловлено, по всей видимости, его поступлением в почвы и ТПО с газоконденсатом из аварийных скважин. Аккумуляция тяжелых металлов активнее протекает в тех случаях, где наблюдается подщелачивание почв, приводящее к формированию геохимических барьеров.

Таким образом, рассмотренные в данной главе почвы на территории Кумжинского ГКМ по особенностям факторов и специфике почвообразования подразделяются на три большие группы. Первая группа представлена природными почвами автономных и подчиненных ландшафтов с низким содержанием углеводов и физико-химическими свойствами, типичными для окружающих фоновых почв дельты р. Печора. Почвы второй и третьей группы - техногенно-преобразованные и техногенные поверхностные образования - сформированы при участии механических нарушений и химических загрязнений. Они сильно различаются по морфологическим свойствам, щелочно-кислотным условиям, содержанию и распределению в профилях органического углерода, нефтепродуктов и тяжелых металлов. ТПО отнесены к литостратам и органолитостратам, а также к техноземам - целенаправленно созданным при рекультивации. На аварийном участке выделяются химически загрязненные (квази)природные почвы с естественным профилем, но с высокими содержаниями НП, превышающими региональный фон и хемоземы – почвоподобные тела, загрязненные нефтепродуктами, вызывающими видимые изменения во всем профиле.

ГЛАВА 5. ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КУМЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При ведении хозяйственной деятельности на Крайнем Севере одним из наиболее хрупких и чувствительных к антропогенному воздействию компонентов ландшафта является растительный покров. В районах добычи нефти и газоконденсата основными факторами воздействия являются механическое нарушение почв и растительного покрова при пересыпке технических площадок скважин и дорог. Неизбежно также химическое воздействие как при функционировании промысла в штатном режиме, так и при аварийных разливах нефти (Hernandez, 1973; Walker et al., 1978; Пиковский, 1993; Солнцева, 1998; Kingston, 2002). Вместе данные факторы приводят к изменению водно-воздушного режима почв и их физико-химических свойств, что сказывается на растительности даже в том случае, если прямое токсическое воздействие не наблюдается (Wein, Bliss, 1973; Демиденко и др., 1983; Назаров, Иларионов, 2005; Назаров, 2007; Бородулина, Полонский, 2009; Шамраев, Шорина, 2009; Si-Zhong et al., 2009). Изменения морфологии растений, видовой и пространственной структуры фитоценозов могут играть роль индикаторов нарушений как тундровых ландшафтов, так и ландшафтов субарктической поймы при добыче углеводородного сырья (Московченко, 2013; Григориади, Султанова, 2014; Guittony-Philippe et al., 2015; Rybina et al., 2015)

Район работ имеет богатую историю наблюдений за состоянием флоры и фитоценозов и воздействием промысла углеводородов на растительность. Мониторинг содержания в растениях тяжелых металлов и нефтепродуктов осуществлялся на территории заповедника и месторождения и выявил превышение фонового уровня в десятки раз (Шиманский и др., 2004, 2006). Также на территории заповедника уже многие годы ведется наблюдение за видовым разнообразием растений, отмечается ослабление зональных черт флоры в результате замены зональных доминантов синантропными видами (Шиманский, 2004), занос чужеродных видов. Так, в отчетах заповедника отмечалось появление борщевика Сосновского в составе растительных сообществ на аварийном участке месторождения, однако ни в 2011, ни в 2013 годах он не был встречен.

На скорость восстановления естественного растительного покрова в пределах участков работ влияет ряд факторов: ландшафтные условия, положение площадки в рельефе, условия увлажнения, степень нарушенности почвенного профиля и исходной растительности, загрязнение технических площадок скважин нефтепродуктами и химическими реагентами, проведение технической рекультивации, специфика окружающих фоновых фитоценозов. Сочетание этих условий различно для всех участков исследования.

5.1. Растительные сообщества в фоновых условиях

По ботанико-географическому районированию (Растительность европейской части СССР, 1980) район исследований расположен в подзоне южных тундр Восточноевропейской подпровинции Европейско-Западносибирской тундровой провинции. В зоне действия Кумжинского ГКМ находятся пойменные ландшафты с интразональной растительностью и останцы речных террас, занятые аналогом тундровых зональных сообществ. Растительность субарктических пойм, образующая эколого-динамический ряд по мере удаления от воды (Растительность европейской части СССР, 1980), занимает преобладающую часть исследуемой территории.

Для растительности подзоны южных тундр характерна мозаичность, вызванная преимущественно абиотическими факторами, такими как морозное растрескивание грунтов, криогенная сортировка камней и мелкозема, пятнообразование, снежная и ветровая коррозия, солифлюкция, криотурбация и вызванное ею пучение. Они нарушают целостность растительного покрова и способствуют его горизонтальному расчленению (Александрова, 1970; Растительность европейской части СССР, 1980; Матвеева, 2007). Сообщества, как правило, полидоминантные, с сомкнутым ярусом мхов и лишайников и разреженным кустарничково-травянистым ярусом; в основном они образованы мхами, лишайниками, травянистыми растениями, кустарничками и отчасти кустарниками. Высота растительного покрова определяется высотой снежного покрова (Холод, 1993), достаточно малой на плоских и продуваемых поверхностях останцов речных и морских террас.



Рис. 53. Кустарничково-лишайниковые тундры на п-ве Костяной Нос

В северной части района исследований распространены зональные кустарничково-моховые и кустарничково-лишайниковые типичные тундры (рис. 53). В сообществах присутствуют два яруса общей высотой 5-25 см. Мохово-лишайниковый покров отличается большим проективным покрытием, наиболее распространенные здесь виды лишайников – *Flavocetraria nivalis*, *Cladonia arbuscula*, *Cl. rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Alectoria*

nigricans, *Sphaerophorus globosus*, *Thamnolia vermicularis*. Из мхов чаще всего встречается *Aulacomnium turgidum*. Верхний ярус представлен кустарничками (*Empetrum hermaphroditum*, *Ledum decumbens*, *Arctous alpina*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*) и *Betula nana* (Растительность европейской части СССР, 1980). Данный тип растительных сообществ был

описан автором на полуострове Костяной Нос, а также распространен на останцах речных террас в дельте Печоры.

С ними соседствуют занимающие западины морошково-осоково-моховые (*Aulacomnium turgidum*, *Tomenthypnum nitens*) тундры в комплексе с осоково-сфагновыми (*Sphagnum robustum*, *Carex rariflora*, *Carex rotundata*) болотами.

На полуострове Костяной Нос были описаны сообщества открытых песков, соседствующие с зональными тундровыми. На исследуемом участке они развиты локально на высоких позициях в рельефе, однако распространены как в Большеземельской тундре, так и во многих других северных регионах (Кожевников, 1996; Эктова, Ермохина, 2012). Данные сообщества во многом схожи с прибрежными дюнными комплексами Белого и Баренцевого морей, но не включают прибрежные галофитные виды (Кулюгина, 2008). Травянистый ярус состоит из видов, способных закрепиться на раздуваемых песках: это *Deschampsia glauca*, *Agrostis stolonifera*, *Festuca sabulosa*, *F. richardsonii*, а также *Tanacetum bipinnatum*, *Rumex graminifolius* и *Calamagrostis neglecta*. Помимо этого, присутствуют пятна лишайников (разнообразные цетрарии) (Кулюгина, 2004). Преобладают мезофиты, однако есть также и псаммофиты, подобные *Luzula spicata*. По данным автора и заповедника наблюдается продвижение этих фитоценозов на прилегающие растительные сообщества из-за раздува песков, что приводит к постепенному отмиранию видов, неспособных выжить в подобных условиях.

Южнее кустарничково-моховые и кустарничково-лишайниковые типичные тундры сменяют ивняково-мелкоерниковые кустарничковые тундры высотой около 40 см (рис. 54). Верхний ярус представлен *Betula nana* и *Salix glauca* в первом подъярусе и *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Ledum decumbens* во втором. Помимо них часто встречаются *Tanacetum bipinnatum*, *Equisetum arvense*, *Rubus chamaemorus* и *Festuca ovina*. В надпочвенном ярусе преобладают зеленые мхи, а также характерны лишайники *Stereocaulon paschale* и *Peltigera aphtosa*. Ерники, занимающие пологие склоны и места распространения пород сравнительно легкого литологического состава, являются переходным звеном от кустарничково-лишайниковых тундр к растительности субарктических пойм.



Непосредственно у поверхности воды растут разнообразные осоки и хвощи, напочвенный покров представлен несколькими видами мхов с проективным покрытием около 10-15%, а травянистый ярус отличается большим проективным покрытием (зачастую более 90%).

Рис. 54. Кустарничковая тундра (фото автора)

Типичными видами являются *Carex aquatilis*, *Equisetum fluviatile*, *E. arvense*, из мхов встречаются чаще всего *Sphagnum lindbergii*, *Warnstorfia fluitans* и *Plagiomnium curvatum*.

На осоково-сфагновых болотах и в мочажинах вокруг заболоченных стариц произрастают пушицы (*Eriophorum sp.*) и осоки (*Carex sp.*), по краям можно увидеть *Andromeda polifolia*, *Rubus chamaemorus*, *Empetrum hermaphroditum*, некоторые виды зеленых мхов. Ивняковые и ольховниковые фитоценозы, занимающие берега водоемов и ложбины стока, отличаются максимальной для растительных сообществ тундры высотой – до 2-3 м. Доминирующими видами первого, кустарникового яруса являются *Salix lanata* и *Duschekia fruticosa*. Травянистый ярус достигает высоты 60 см и преобладающими видами в нем являются разнообразные осоки и хвощи. Также распространены видами являются *Poa pratensis* и *Ranunculus repens*. Слаборазвитый напочвенный покров представлен зелеными мхами.

Лугово-разнотравная растительность пойм отличается пестротой видового состава и полидоминантностью сообществ. Подобные сообщества характерны для прирусловых валов, крутых склонов и относительно более дренированных участков. Наиболее часто встречаются *Bistorta vivipara*, представители *Ranunculus sp.* и *Rumex sp.*, *Filipendula ulmaria*, *Tanacetum bipinnatum*. Суммарное число видов сосудистых растений в данных сообществах является одним из наибольших среди описываемых в пределах пойменного комплекса фитоценозов.

Фоновый участок в пределах поймы включает злаково-разнотравные сообщества прируслового вала и злаково-осоковые, и осоковые монодоминантные сообщества низкой поймы. Первые отличает существенное видовое разнообразие: в травянистом ярусе встречаются *Calamagrostis langsdorffii*, *Filipendula ulmaria*, *Galium boreale*, *Geranium pratense*, *Veratrum lobelianum*. Подобные виды комфортно себя чувствуют на почвах легкого механического состава, высота травянистого яруса в злаково-разнотравных сообществах достигает более полуметра, тогда как моховый ярус относительно слабо развит. На низкой пойме наиболее обильны *Carex aquatilis*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Cerastium jenisejense*, также были встречены *Galium uliginosum* и *Parnassia palustris*, разнообразные зеленые мхи.

Дельта реки Печоры и Коровинская Губа являются ценными водно-болотными угодьями и входят в Перспективный список Рамсарской конвенции вместе с полуостровом Русский Заворот (Кривенко, 2000). На территории Ненецкого заповедника произрастают 35 видов растений, занесенных в Красную книгу РФ и НАО. К ним относятся *Rhodiola rosea*, *Arenaria pseudofrigida*, *Braya purpurascens*, *Draba glacialis*, *Draba pohlei*, *Saxifraga aizoides*, *Potentilla pulchella*, *Corallorrhiza trifida* и многие другие (<http://nenetz.ru/>; Лавриненко, 2007).

5.2. Пространственная неоднородность фитоценозов в сфере воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения

Локальные источники воздействия на растительность представлены точечными объектами: техническими площадками скважин, местами захоронения технического мусора и отработанной породы, а также линейными объектами, такими как дороги, дамба на аварийном участке и обваловки. С проводившимися впоследствии рекультивационными работами также связаны механические нарушения: проезд техники, снятие загрязненного гумусового горизонта для дальнейшей утилизации, сбор и вывоз технического мусора оказали не меньшее воздействие на растительный покров, чем сам промысел. Появление новых техногенных форм рельефа и поступление углеводородов в почвы приводят к изменению водно-воздушного режима почв. В сочетании с механическим воздействием на этапах функционирования промысла и технической рекультивации это становится причиной изменения, как видового состава, так и пространственной структуры фитоценозов.

Стадии нарушения растительного покрова были описаны в соответствии со схемой трансформации растительности для Бованенковского газоконденсатного месторождения, расположенного в подзоне типичных тундр Ямала (Телятников, 1993). Данная схема включает четыре стадии. **Первая стадия** характеризуется сохранением естественной растительности при выпадении отдельных ярусов. Для **второй стадии** характерна производная растительность (возможно возникновение вторичной пушицево-злакового или осокового сообщества). На **стадии III** сплошной растительный покров отсутствует, сохраняются отдельные фрагменты растительных сообществ или же пионерные группировки. **Четвертая стадия** нарушения представляет открытый грунт, лишенный растительного покрова.

Сообщества пойменного ландшафта. Большая часть скважин Кумжинского газоконденсатного месторождения расположена, как отмечалось выше, в пределах пойменного комплекса. Здесь же находится скважина № 9, авария на которой во многом определила дальнейшую судьбу этого района. Воздействие на растительные сообщества пойм промысла, функционирующего в фоновом режиме, изучалось на примере 14 и 19 безаварийных скважин. Для обоих участков характерно преобладание по площади разнотравно-осоковых растительных ассоциаций в основном I или II стадии нарушения, на некоторых точках растительный покров не нарушен (таблица 12).

Нарушения растительного покрова буровых площадок в пределах пойменного комплекса
(составлено автором по полевым данным 2011 и 2013 гг.)

№ скв.	№ точки	Группа ассоциаций	Проективное покрытие, %	Расстояние до скважины, м	Стадия нарушенности фитоценоза
14	14-1	Разнотравно-осоковая	45	40	II
	14-2	Разнотравно-осоковая	60	25	I
	14-3	Ивово-разнотравная	55	7	II
	14-4	Разнотравно-осоковая	80	20	Не нарушена
	14-6	Осоково-зеленомошная	50	50	II
	14-7	Разнотравно-осоковая	65	105	Не нарушена
	14-8	Осоково-зеленомошная	70	185	Не нарушена
	14-9	Сабельниково-хвостниковая	20	190	Не нарушена
	10-13	Разнотравно-кустарничковая пионерная	50	3	I
	11-13	Разнотравно-осоковая	40	50	II
	12-13	Разнотравно-осоковая	45	30	II
19	21-13	Разнотравно-осоковая	50	50	I
	22-13	Ивово-разнотравная	50	35	Не нарушена
	23-13	Разнотравно-осоковая	55	20	I
	24-13	Злаково-разнотравная	60	15	I

На обоих участках была проведена рекультивация как в 80-е годы, так и относительно недавно: были убраны металлолом и промышленный мусор. Заметны изменения в пространственной структуре фитоценозов, вызванные различиями водного режима почв. Их причиной является перераспределение влаги из-за таких форм техногенного рельефа, как технические площадки скважин.

На участке поблизости скважины № 14 проявляется мозаичность в структуре растительности, связанная с образованием просадок грунта вблизи буровой площадки. Склоны площадки, сложенные грунтом легкого механического состава, заняты разнотравно-осоковыми растительными группировками, тогда как замкнутые понижения у склонов преимущественно монодоминантными осочниками. При удалении от площадки возрастает видовое разнообразие болотных и луговых сообществ. За время наблюдений автором отмечается возросшее разнообразие злаков на возвышенных участках технической площадки (3 вида в 2011 году и 7

видов в 2013), присутствие в растительных ассоциациях (точка 14-3) такого синантропного вида, как *Plantago lanceolata*.

Всего на участке описано 15 растительных ассоциаций (рис. 55). Их выделение проводилось с использованием доминантного подхода. Коэффициенты сходства между ассоциациями варьируют от 0,00 до 0,60. Для наиболее распространенных разнотравно-осоковых ассоциаций они составляют от 0,08 до 0,40. Коэффициент сходства между ивово-разнотравной (14-3) и разнотравно-осоковой (14-4) ассоциациями на склонах технической площадки составляет 0,60. Для вскрытых под ними почв характерен легкий механический состав и слабокислая реакция среды в верхних горизонтах со значениями рН равными 6,0-6,5. В данных условиях снижается роль видов-эдификаторов пойменных сообществ, таких как осока водная. Другие предпочитающие большее увлажнение почв виды, такие как вероника длиннолистная, также избегают сложенной крупнозернистым песком с включениями гравия технической площадки.

Выделяется по своему видовому составу пионерная группировка, занимающая техническую площадку скважины (10-13), коэффициенты сходства с прочими описанными на данном участке ассоциациями составляют от 0,00 до 0,17. В травяном ярусе преобладает овсяница Ричардсона, в мохово-лишайниковом - мхи рода дикранум и лишайники семейства Пармелиевые. Очевидно, что для участка поблизости безаварийной скважины № 14 характерны существенные различия в составе растительных ассоциаций, сменяющих друг друга на сравнительно малой площади (значения коэффициента Жаккара составляют от 0,00 до 0,60).

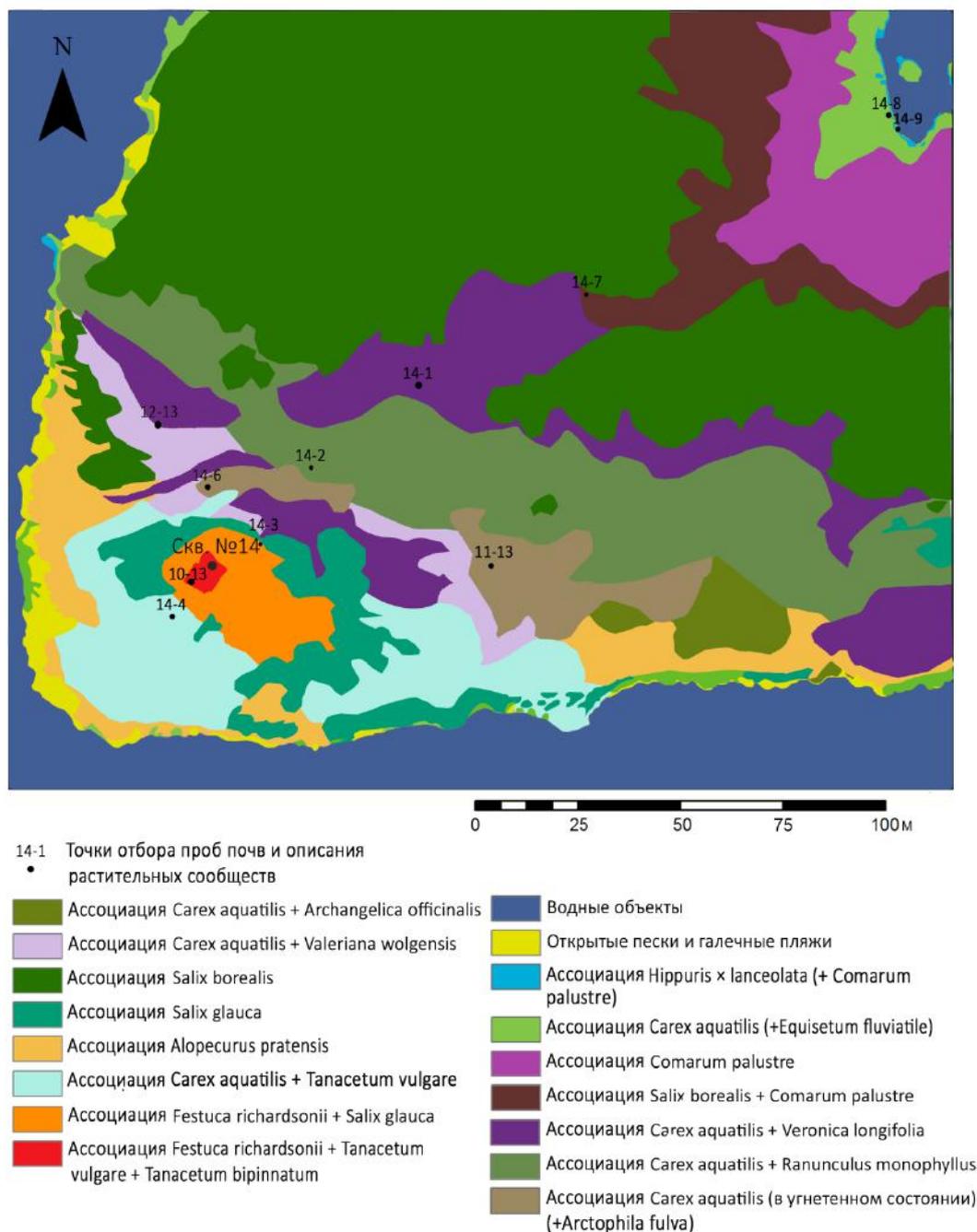


Рис. 55. Растительные сообщества участка поблизости безаварийной скважины №14 (по данным автора за 2011-2013 годы).

В целом по сравнению с фоновыми условиями заметно дробление контуров растительных ассоциаций, возрастание их мозаичности. Прежде всего это может быть связано с механическим воздействием при создании и консервации скважины и изменением условий увлажнения. Прокладка в 80-е годы трубопровода от скважины в направлении к понижению в середине острова сопровождалось проездом техники, вырубкой зарослей ивы северной и ивы сизой. Последствия этих работ заметны до сих пор в пространственной структуре растительных сообществ (рис. 55). Так, точки 14-1 и 14-7 заложены на месте бывшего трубопровода в разнотравно-осоковом сообществе, окруженном ивняком. При отборе проб почв не было

выявлено существенного загрязнения, и отсутствие ивняковых зарослей в данном месте объясняется лишь механическим воздействием. Уничтожение кустарникового яруса приводит к изменению светового режима и увеличению покрытия растений нижних ярусов, в данном случае осоки водной, и образованию разнотравно-осокового сообщества на месте ивняковых зарослей.

Вывод о влиянии механических нарушений на растительный покров подтверждают и данные, полученные при описании растительных ассоциаций поблизости скважины 19. В геоморфологическом отношении этот участок занимает сходное положение с точкой ФП-1 фонового пойменного участка, находясь вблизи прируслового вала. Однако сходство между фоновыми для высокой поймы сообществами и сообществами этого участка не велико (коэффициенты Жаккара 0,10 – 0,24) в результате экотопической гетерогенности последнего вследствие сохранения малых техногенных форм рельефа. Причем для участка отмечаются сходные уровни загрязнения почв (остаточное содержание нефтепродуктов от 150 до 1350 мг/кг) и существенные различия по видовому составу между растительными ассоциациями (рис. 56), коэффициенты сходства между которыми варьируют от 0,11 до 0,60.

Этот факт может служить косвенным подтверждением сравнительно низкой роли углеводородного загрязнения по сравнению с механическим воздействием в формировании флористического облика данного участка на современном этапе.

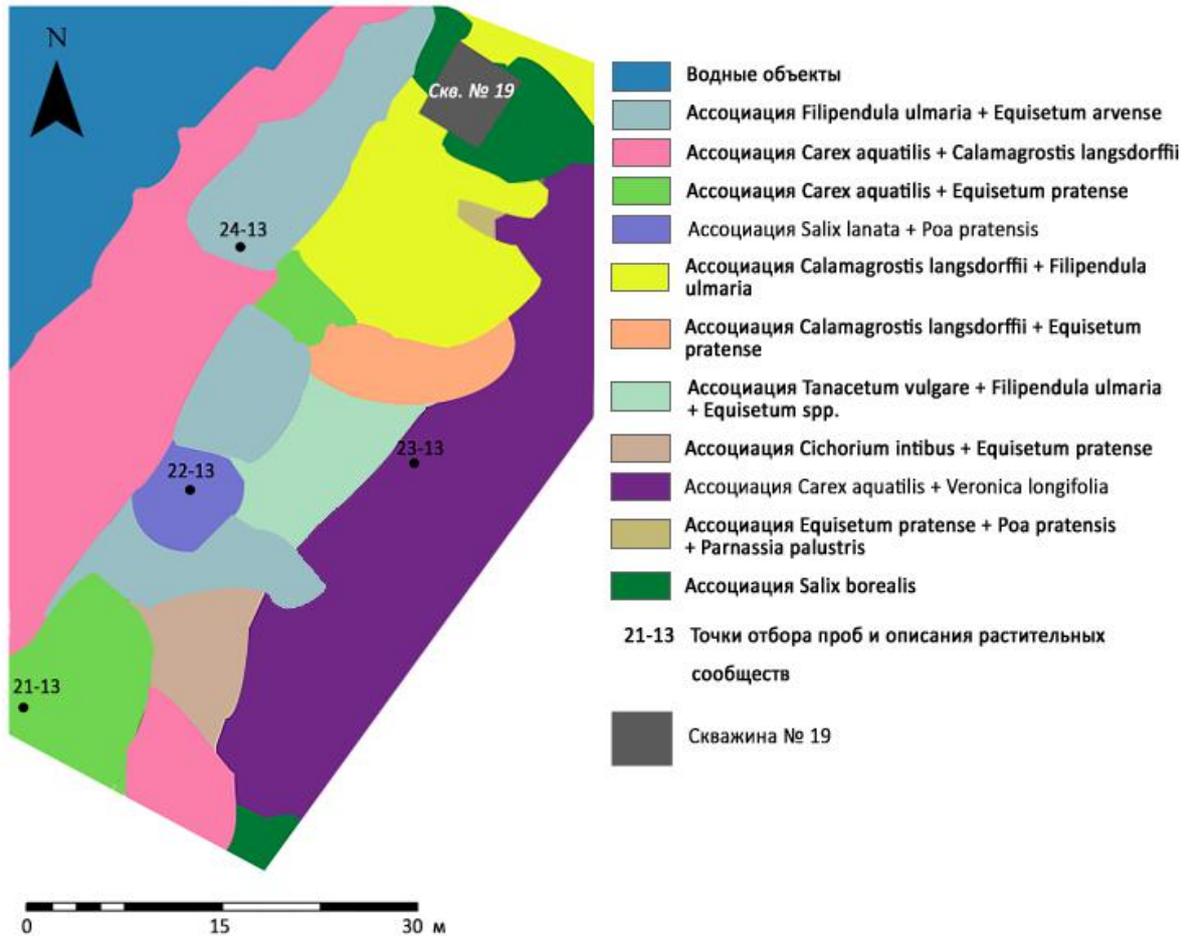


Рис. 56 Растительные ассоциации участка поблизости безаварийной скважины № 19 (по данным описаний в точках и по трансектам, выполненным совместно с Кочергиной А.С. в 2013 г.)

Таким образом, последствия механического воздействия, а именно создания линейных объектов, которое сопровождается вырубкой ивняка, и отсыпки технических площадок скважин по-прежнему заметны на исследуемых участках.

Многолетние изменения растительного покрова были исследованы с использованием снимков Landsat, сделанных в пик вегетационного периода в 1980, 1990, 2000 и 2010 годы. На данных снимках (рис. 57) видно, что за разные года площадь растительных сообществ с высокими значениями NDVI существенно различается как в зоне воздействия скважин, так и за пределами Кумжинского месторождения. Соответственно можно предположить, что наблюдаемые изменения NDVI объясняются природными причинами, а не сукцессионными процессами в зоне воздействия скважин.

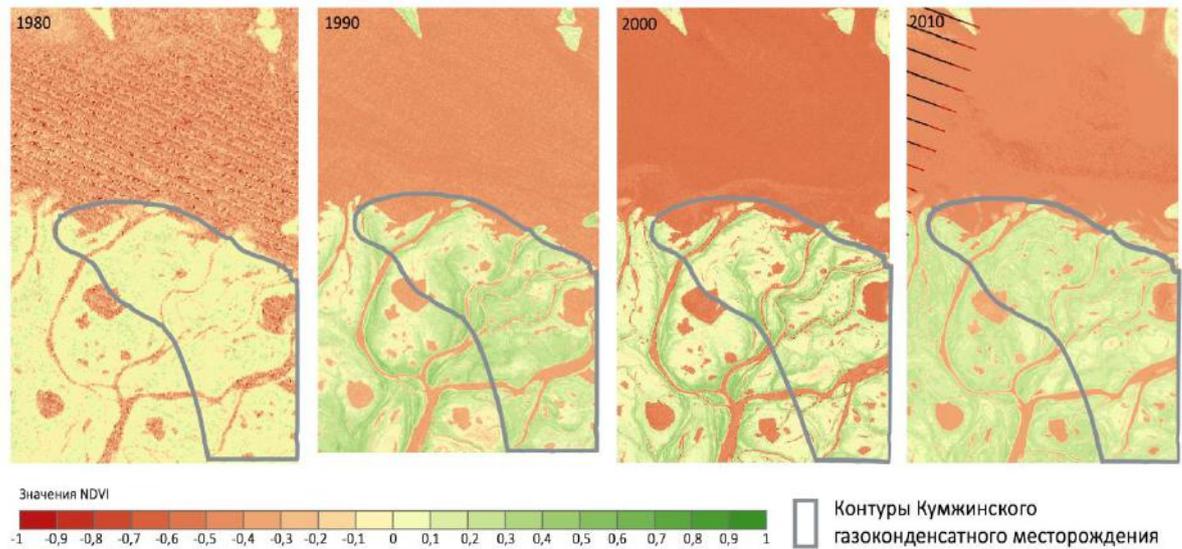


Рис. 57. Многолетнее изменение NDVI в пик вегетационного периода за 1980-2010 гг.

Изучение снимков большего разрешения позволяет выделить многолетние тренды сукцессий в зоне воздействия отдельных скважин. Наибольшая площадь нарушений растительного покрова была зафиксирована на аварийном участке. На нем регулярно проводилось обновление дамбы и обваловки: каждые несколько лет создавался отвал грунта выше по течению от водохранилища, материал в дальнейшем использовался для обновления дамбы и обваловки. В результате этого наблюдается изменение суммарной площади поверхности, лишенной растительности. Пересыпка грунтом нарушает ход сукцессии и препятствует процессу зарастания открытых участков грунта. Наиболее заметны лишенные растительности участки отвалов грунта выше по течению от южной дамбы в 2000 году (рис. 58), когда в очередной раз проводились работы по реконструкции обваловки и дамбы.

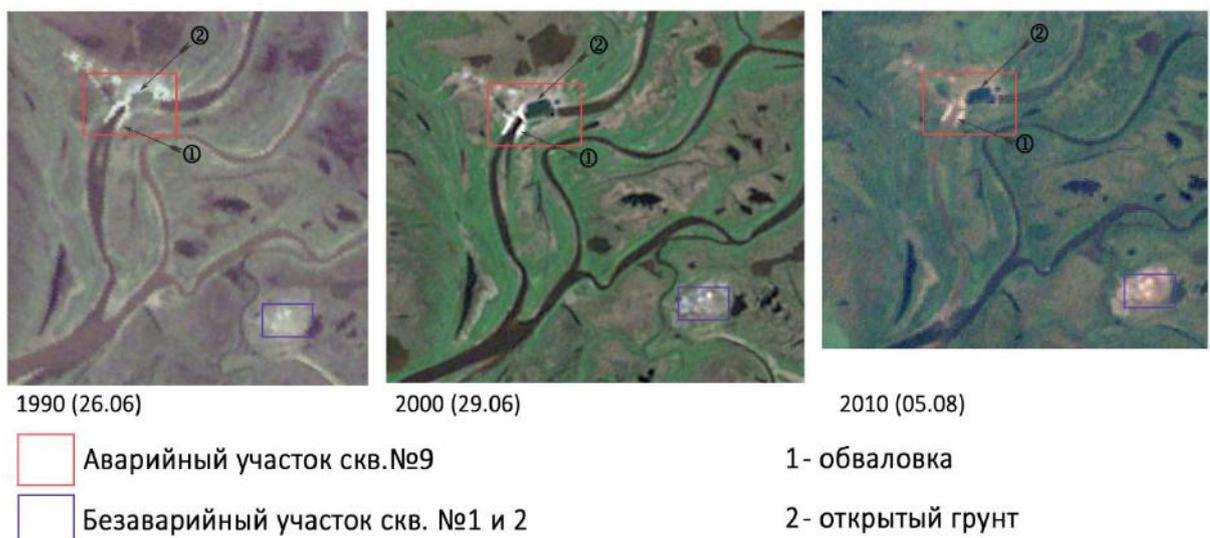


Рис. 58. Изменение площади открытого грунта на аварийном участке и участке, расположенном на останце террасы поблизости скважин 1 и 2 (используются данные Landsat 5 и 7).

На аварийном участке на современный облик почвенного и растительного покрова оказали воздействие, как углеводородное загрязнение, так и создание дамб и обваловки с целью локализации последствий аварии. Необходимо заметить, что их подновление, которое проводится почти ежегодно, также препятствует восстановлению растительного покрова. Косвенное воздействие на растительный покров, вызванное перераспределением почвенной влаги и снежного покрова, приводит к изменению контуров фитоценозов в соответствии с очертаниями техногенных насыпей. Из-за увеличения контрастности в перераспределении влаги поблизости от насыпей и обваловок отмечается уменьшение занимаемых растительными сообществами площадей и большая мозаичность растительного покрова, выраженная в смене сообществ по мере удаления от насыпи. Так, если сами сооружения, как правило, покрыты пионерными группировками, зачастую с включением характерных для останцов террас, а не поймы, мхов и лишайников, то у подножья обваловки произрастают сообщества из влаголюбивых видов, аналогичные сообществам поблизости 14 скважины (рис. 59). Появление этих сообществ связано с подтоплением территории и образованием просадок грунта. В них преобладают осоки и пушица, которые обладают большой устойчивостью к нефтяному загрязнению (Казанцева, Размахнина, 2012; Mollard, 2012; Гут, 2013; Осипова, Петухова, 2013).

Для аварийного участка характерна крайне низкая сомкнутость растительного покрова в некоторых его частях: в 2011 году были описаны пионерные группировки на песках дамбы, образованные овсяницей Ричардсона (*Festuca richardssonii*) с проективным покрытием, зачастую не превышающим 10%. Сходная ситуация отмечается на поверхности обваловки, сложенной песчано-гравийной смесью. Здесь доминантом в растительных группировках является *Puccinellia distans*, фрагментарно присутствует напочвенный ярус, представленный зелеными мхами.

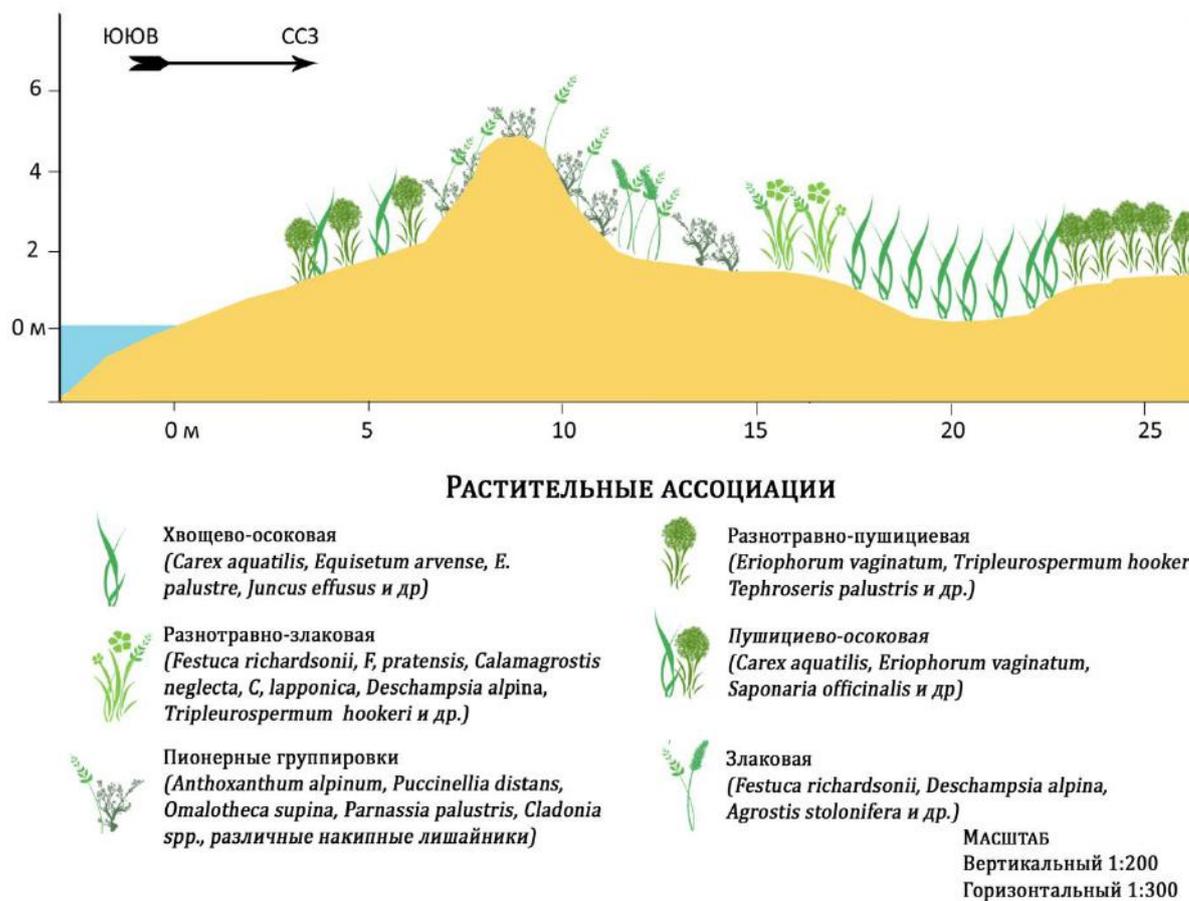


Рис. 59. Смена растительных сообществ на левом берегу водохранилища.

Техногенный нанос на аварийном участке является почвообразующей породой и в пределах обваловки, где на нем формируются дерновые маломощные глеевые почвы.



Рис. 60 Белозор болотный (*Parnassia palustris*)

Растительность на относительно возвышенных участках не отличается разнообразием: это покров накипных лишайников с ПП около 30% и редко встречающиеся белозор болотный (рис. 60), овсяница Ричардсона и кустики ивы арктической (*Salix arctica*). Проективное покрытие травянистого и кустарничкового ярусов меньше 5%.

В пределах обваловки на увлажненных участках проективное покрытие может достигать 50%. Как правило, это осочники с *Equisetum palustre* или *Eriophorum vaginatum*. Пушица влагалищная достаточно широко распространена поблизости от источников загрязнения и за пределами обваловки. Там она соседствует с пепельником цельнолистным (*Tephrosieris*

integrifolia) и трехреберником Гукера (*Tripleurospermum hookeri*).

Продолжающееся поступление углеводов из грифонов, образовавшихся на месте скважин, приводит к загрязнению аквальных ландшафтов и как следствие – прибрежной зоны. В связи с этим преимущественно в северо-восточной и юго-западной частях территории в пределах обваловки сохраняются участки берега, покрытые нефтяными пленками и лишенные растительного покрова (таблица 13).

Таблица 13

Степень нарушенности растительного покрова на аварийном участке (составлено по полевым данным (выборочно) на основе схемы М.Ю. Телятникова, 1993)

№ точки	Группа ассоциаций	Проективное покрытие, %	Расстояние до уреза воды в водохранилище, м	Стадия нарушенности фитоценоза
К-1-11	Осоково-хвощевая	65	100	Не нарушена
К-4-11	Ивово-разнотравная	20	24	III
К-7-11	Злаково-пушицевая	70	50	II
К-15-11	Злаково-разнотравная	<10	5	III
К-16-11	Пушицево-осоковая	40	1	II
К-21-11	Разнотравно-осоковая	25	2	II
К-23-11	Разнотравная	<10	2	III
К-27-11	Разнотравно-осоковая	40	130	Не нарушена
К-6-13	Разнотравно-осоковая	55	100	II
К-11-13	Пушицево-разнотравная	15	35	III
К-19-11	Ивово-разнотравная	20	25	I
К-23-13	Отсутствует	0	2	IV

Сообщества останцов. Важную роль в структуре растительности дельты Печоры играют растительные сообщества останцов речных террас. Они являются достаточно редкими для этой территории, о чем можно судить по данным дистанционной информации. Более характерные для левого берега Большой Печоры, а также о. Ловецкого в пределах дельты зональные фитоценозы встречаются преимущественно южнее, поблизости оз. Голодная губа (рис. 61), что хорошо видно при совмещении 3,2,1 каналов для снимка Landsat 8.

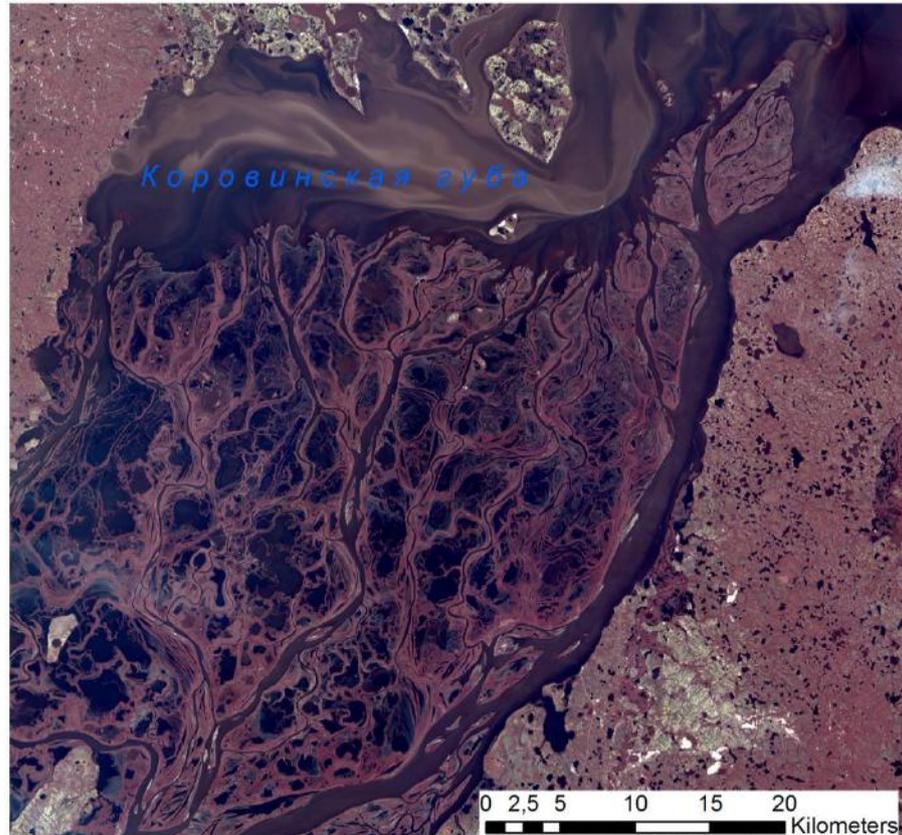


Рис. 61. Распространение тундровых растительных сообществ (оттенки фиштаккового) и песчаных раздувов (белый цвет) в пределах дельты Печоры (по данным Landsat 8 от 30.08.2013).

Согласно отчетам заповедника, останцы речных террас представляют важность для поддержания видового разнообразия сосудистых растений в дельте. Некоторые включенные в Красную книгу Ненецкого автономного округа и России виды встречаются в зоне воздействия скважин 1 и 2, расположенных в пределах останца речной террасы. Это ладыан трехнадрезный (*Corallorhiza trifida*), мытник приятный (*Pedicularis amoena*) и мытник мохнатоцветковый (*Pedicularis dasyantha*). Помимо этого, здесь гнездятся некоторые виды птиц, характерных для дельты Печоры, например, полярная крачка.

Исследование растительного покрова на участке поблизости безаварийных скважин 1 и 2 в 2011 году показало большую роль механических нарушений в формировании облика технической площадки. Привнос техногенного материала, колеи после проезда техники, оставленные металлолом и бетонные блоки стали причиной полного уничтожения растительного покрова к северу от скважин, и частичного в пределах общей для них технической площадки. В непосредственной близости от скважин 1 и 2 растительные сообщества сильно нарушены (таблица 14), существенную площадь занимают пионерные группировки). Однако уже на отдалении порядка 60 м от скважин отмечается рост числа видов-

эдификаторов кустарничково-лишайниковых и кустарничково-моховых тундр. Точки Т-4 и Т-5 находятся за пределами останца террасы, на берегу старичного понижения.

Таблица 14.

Степень нарушенности растительного покрова на участке 1 и 2 скважин (составлено по полевым данным на основе схемы М.Ю. Телятникова, 1993)

№ точки	Группа ассоциаций	Проективное покрытие, %	Расстояние до ближайшей скв, м	Стадия нарушенности фитоценоза
Т-1	Пионерная злаково-разнотравная	5-10	25	III
Т-2	Ивовая	30	25	II
Т-3	Ерниково-лишайниковая	60	145	Не нарушена
Т-4	Осоково-зеленомошная	30	295	Не нарушена
Т-5	Осоково-сабельниковая зеленомошная	60	300	Не нарушена
5	Мохово-ивовая	40	25	I
6	Разнотравно-ивовая	10-15	40	II
7	Ивовая	10-15	30	II
8	Отсутствует	0	10	IV
9	Мохово-разнотравно-кустарничковая	70	30	не нарушена
13	Кустарничковая	60	60	не нарушена
14	Кустарничково-мохово-лишайниковая	80	80	не нарушена
15	Кустарничково-моховая	80	110	не нарушена
16	Кустарничково-разнотравная кладониевая	60	340	не нарушена

Всего в пределах безаварийного тундрового участка описано 14 растительных ассоциаций, из которых три (Т-4, Т-5, 16) находятся за пределами останца террасы и были описаны с целью выявления возможного воздействия на растительные сообщества латеральной миграции углеводородов от технической площадки скважин 1 и 2 (таблица 14). Коэффициенты сходства между ассоциациями варьируют в пределах 0,00 – 0,57. Наиболее похожи по видовому составу растительные ассоциации, описанные в точках 7 и 9, расположенных в 30 м от скважины № 2. Обе ассоциации отличаются сравнительной бедностью видового состава: на песках закрепляются такие виды, как *Salix phylicifolia*, *Empetrum hermaphroditum*, соседствующие со злаками и лишайниками. В травянистом покрове встречаются как антропофильные виды, так и второстепенные виды тундровых сообществ: *Antennaria dioica*,

Botrychium lunaria, *Festuca ovina*, *Calamagrostis neglecta*. В непосредственной близости от скважины № 2 в составе пионерных группировок преобладают *Festuca rubra*, *Festuca richardsonii*, *Tanacetum vulgare*, *Tanacetum bipinnatum*, *Tripleurospermum hookeri*, общее проективное покрытие травянистого яруса не превышает 10%. На расстоянии около 7-10 м от скважины в составе пионерных группировок на открытом песке доминируют злак *Festuca rubra*, кустарник *Betula nana* и кустарничек *Empetrum hermaphroditum*. Последние два вида образуют редкие скопления, разделенные открытым пространством. Такой тип пионерных группировок характерен для склонов отвала песка к югу от скважины № 1. В растительных сообществах поблизости скважины №1 также преобладают *Festuca rubra* и *Tripleurospermum hookeri* в травянистом покрове, с ними соседствуют шиловидные кладонии, а также единичные экземпляры *Betula nana*.

Для растительных сообществ технической площадки скважин (точки Т-2 и 5) коэффициент сходства составляет 0,5. Доминантным видом в обоих сообществах является ива филиколистная. Этот кустарник на исследуемом участке достигает 35 см в высоту, что связано с высотой снежного покрова. Легко восстанавливающийся из частей корневищ и закрепляющийся на песках кустарник комфортно себя чувствует на технической площадке законсервированных 30 лет назад скважин. В растительной ассоциации, описанной в точке 5, основным доминантом является *Salix phylicifolia*, содоминирует *Empetrum hermaphroditum*. Также в ассоциации присутствуют *Campanula rotundifolia*, *Tripleurospermum hookeri*, *Tanacetum vulgare*, *T. bipinnatum* и *Festuca ovina*. Мохово-лишайниковый покров неоднороден: в данной ассоциации на разных площадках встречаются как мхи *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, так и лишайники *Cetraria cucullata*, *Sphaerophorus globosus*.

Наиболее активно кустарники занимают склоны юго-восточной и южной экспозиции в пределах технической площадки. Этот факт можно связать с преобладающими направлениями ветра и накоплением снега на данных склонах. Сравнение флористических описаний, выполненных автором в 2011 и 2013 годах, свидетельствует о сравнительно быстром зарастании технической площадки скважин №№ 1 и 2. Распространены ассоциации злаково-разнотравные и ивовые с проективным покрытием менее 10-15% (точки Т-1, 6, 7). Первая из них описана на месте, которое в 2011 году занимал песчаный раздув с единичными экземплярами овсяницы Ричардсона. В настоящее время склоны песчаного раздува занимают *Chamaenerion angustifolium* и *Festuca richardsonii*. Мохово-лишайниковый покров встречается фрагментарно, преобладают в его составе криптогамные корочки, что является признаком начальных стадий сукцессии (Кулюгина, 2004). Также к югу от скважины № 2 встречаются пятна открытого грунта площадью от 1 до 5-7 м².

Влияние непосредственно промысла на растительность становится незаметным на расстоянии около 60-80 м от скважин. Содержание нефтепродуктов в почвах (точки 13 и 14) не превышает фоновый уровень, механические нарушения в профиле отсутствуют. В сообществах доминируют *Arctous alpina* и *Empetrum hermaphroditum*, проективное покрытие мохово-лишайникового яруса может достигать 40%. На отдалении в 340 м от скважин описано сообщество, по-видимому, не испытывавшее воздействия промысла с проективным покрытием травянистого яруса около 45-50%, и мохово-лишайникового яруса – порядка 20%. Оно отличается сравнительно большим видовым разнообразием.

Другим источником нарушений тундровых сообществ является проезд транспорта (Московченко, 2013; Колосов, 2014). В 110-140 м к югу от технической площадки проходит колея, образуя понижения, занятые кустарничково-моховыми ассоциациями (точка 15). В кустарничковом ярусе доминирует *Empetrum hermaphroditum*, в травянистом встречаются *Festuca rubra*, *Bistorta officinalis*, *Calamagrostis neglecta*, *Pinguicula vulgaris* и другие виды. В мохово-лишайниковом ярусе доминирует *Pleurozium schreberi*. Относительная бедность видового состава и большое участие травянистых растений, в том числе влаголюбивых видов, отличают данные ассоциации от фоновых.

Ассоциации, описанные в точках Т-4 и Т-5 являются вполне обычными для поймы Печоры, в них доминирует осока острая, из мхов наиболее часто встречается *Pleurozium schreberi*.

В целом в пределах безаварийного пойменного участка заметно сокращение участия лишайников родов *Sphaerophorus*, *Cetraria*, *Cladonia*, являющихся эдификаторами растительных сообществ останцов террас наравне с ивой сизой и березой карликовой. Это объясняется механическим воздействием при создании технической площадки и механической рекультивации, проведенной относительно недавно. Для пионерных группировок поблизости скважины № 2 характерно достаточное разнообразие травянистых растений. На отвалах песка произрастают кустарнички, подобные иве филиколистной и злаки, так как они могут легко закрепиться на открытом грунте.

С 2011 по 2013 год отмечается увеличение площади, занимаемой отдельными растительными ассоциациями, но контрастность в их видовом составе сохраняется. Это подтверждается низкими значениями коэффициента Жаккара для различных групп растительных группировок на безаварийных и аварийном участках. Ассоциации различаются по степени нарушенности: к средне- и сильнонарушенным были отнесены ассоциации II-IV стадий нарушений, к малонарушенным все остальные, описанные в пределах безаварийных и аварийного участков. Значения коэффициента Жаккара при сравнении с фоновыми ассоциациями для тундровых фитоценозов составляют 0,28 для малонарушенных и 0,18 для

средне- и сильнонарушенных. Наиболее распространенные в пойменных условиях разнотравно-осоковые ассоциации также сильно отличаются друг от друга в зависимости от степени нарушений: между фоновыми и нарушенными коэффициент сходства не превышает 0,17, тогда как между малонарушенными и средне- и сильнонарушенными – 0,36. Видовой состав пионерных группировок также различается: они близки к ивнякам и тундровым ассоциациям со средней степенью нарушенности (коэффициенты Жаккара равны 0,50 и 0,33 соответственно). Подобная пестрота растительных ассоциаций может быть частично объяснена недостаточной площадью пробных участков (1 м²), однако причиной могут быть и изменение водно-воздушного режима почв, а также загрязнение углеводородами и механическое воздействие. Последнее, по всей видимости, является основным фактором, препятствующим восстановлению фитоценозов. В целом, последствия механического воздействия в пределах останцов террас заметны в течение более длительного времени, чем в пределах поймы, где быстрее происходит зарастание технических площадок бореальными видами. Подтверждением сравнительной устойчивости сообществ пойм является относительно быстрое восстановление злаковых и осоковых ассоциаций на аварийном участке.

Рекультивационные мероприятия, проводящиеся с использованием техники, могут нанести не меньший урон, чем непосредственно функционирование промысла. Пересыпка грунтом, проезд техники и вырубка ивняка привели к изменению как видового состава, так и набора характерных для останцов террас и поймы фитоценозов. Появление новых техногенных форм рельефа приводит к перераспределению почвенной влаги, заболачиванию участков у склонов насыпей и формированию сообществ из растений, предпочитающих более сухие условия, на самих насыпях и технических площадках скважин.

5.3. Изменение флористического состава и структуры растительных сообществ в сфере воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения

Нефтяное загрязнение и механическое воздействие приводят к изменению флористического состава растительных сообществ.

Основными видами – индикаторами нефтяного загрязнения следует признать пушицу *Eriophorum scheuchzeri* и осоку *Carex aquatilis*, что не раз обсуждалось в литературе (Шилова, 1978; McKendrick, 1987; Шепелева и др., 2007; Карпенко, 2014). При благоприятном водном режиме на нефтезагрязненном субстрате помимо пушицы и осоки сплошные заросли может сформировать северюбка рыжевато-красная *Arctophila fulva* (Forbes, Jefferies, 1999; Jorgenson et al., 2003). Эти виды одними из первых поселяются на загрязненном нефтью грунте, а также формируют монодоминантные группировки на переувлажненных пойменных почвах при нефтяном загрязнении водоемов, осваивая заболоченные понижения, в которых часто аккумулируются поллютанты. На исследуемой территории подобные ассоциации на

сильнозагрязненных (с остаточным содержанием нефтепродуктов более 1 г/кг почвы) субстратах характерны для мезопонижений поблизости скважины № 14 и аварийного участка. В пределах последнего на участках с существенным загрязнением и легким механическим составом грунта помимо них встречаются пионерные группировки с участием *Tephroseris palustris*.

Помимо перечисленных выше видов, на обваловке аварийного участка и площадках скважин встречаются некоторые виды, отнесенные Дорогостайской Е.В. (1972) к антропофильному элементу флоры Крайнего Севера.

Положение исследуемой территории на крупной реке, ниже по течению от как достаточно старых, как Пустозерск, так и сравнительно новых центров деятельности человека, способствует внедрению в местную флору более южных видов. Часть из них, согласно Дорогостайской (1972), являются достаточно давно принесенными археофитами. Из них некоторые виды, такие как *Capsella bursa-pastoris*, успешно заселяют преимущественно сильно нарушенные насыпи, другие же встречаются достаточно часто и в близких к естественным условиям (*Veronica longifolia*, *Poa pratensis*, *Tanacetum vulgare*). Занесенные виды, такие как *Rumex acetosa* и *Cichorium intybus*, осваивают хорошо дренированные и сложенные супесчаным или легкосуглинистым материалом технические площадки скважин и их склоны.

Для растительных сообществ и пионерных группировок аварийного участка, несмотря на большую площадь незакрепленных песков и песчано-галечной смеси, характерно достаточно большое видовое разнообразие. По данным заповедника, здесь встречается 69 видов сосудистых растений, большая часть которых является травянистыми многолетниками (Глотов, Лавриненко и др., 2007). Наиболее высокой активностью на насыпях характеризуются злаки, такие как *Calamagrostis purpurea* и *Calamagrostis neglecta*, *Deschampsia cespitosa*, *Puccinellia distans*, *Poa alpigena* и *Poa alpigena subsp. colpodea*. Помимо них встречаются виды трав, способные развиваться в нарушенных или загрязненных экотопах, такие как *Eriophorum scheuchzeri*, *Tephroseris palustris*, *Tripleurospermum hookeri*, *Chamaenerion angustifolium*, *Festuca ovina*, *Cerastium holosteoides*, *Comastoma tenellum*, *Equisetum arvense* и другие. Разнообразие сосудистых растений объясняется включением тундровых и луговых видов, семена и зачатки которых были привнесены на площадку из окружающих фитоценозов или же вместе с грунтом. К таким видам относятся *Alopecurus pratensis*, *Angelica archangelica*, *Cortusa matthioli*, *Galium boreale*, *Polemonium acutiflorum*, *Valeriana wolgensis* и другие. Из кустарников встречаются ольховник и четыре вида ивы (Глотов, Лавриненко и др., 2007). Некоторые из этих видов, а именно *Tripleurospermum hookeri*, *Festuca rubra*, *Rumex acetosella*, *Cerastium jenisejense*, встречаются на аллювиальных песчано-галечных наносах (Королева, 2006; Казаков и др., 2013)

и были обнаружены поблизости безаварийных скважин. Ясколка енисейская встречается довольно часто и на фоновом пойменном участке.

Важную роль играет механическое воздействие, заключающееся в отсыпке грунта, снятии верхних горизонтов и уничтожении естественного растительного покрова, сопряженное с проездом техники и созданием временных дорог. Поблизости северных поселений описаны случаи (Дорогостайская, 1972), когда виды-эрозиофилы, в природе занимающие отвалы грунта у нор животных и склоны бугров пучения, формируют заросли на открытых участках грунта у дорог. Местные виды, занимающие антропогенные местообитания и успешно там развивающиеся, Е.В. Дорогостайская (1972) относит к апофитам. Сравнение растительных ассоциаций песчаных ярей на полуострове Коснос и ассоциаций технической площадки 1 и 2 скважин и аварийного участка подтверждает существенную роль апофитов-эрозиофилов в пионерных ассоциациях. К ним можно отнести *Tripleurospermum hookeri* и *Artemisia tilesii*, единично встреченные на площадках скважин и поблизости от старого поселения на полуострове Коснос. Заращение насыпей на аварийном участке проходит с участием таких видов-апофитов, как *Equisetum arvense*, *E. pratense*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Tanacetum bipinnatum*, *Tephrosia palustris*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Comastoma tenellum*, *Bistorta vivipara* и др. В безаварийных условиях технические площадки скважин занимают такие сорные виды, как *Capsella bursa-pastoris*, *Tanacetum vulgare*, *Rumex acetosa*, *R. acetosella*, *Tripleurospermum hookeri*, *Cerastium holosteoides*, *Festuca ovina*, *Geranium pratense*, *Vicia cracca*, *Plantago lanceolata*, *Rorippa palustris*. Впрочем, некоторые из них достаточно распространены и в фоновых пойменных фитоценозах.

Таким образом, в заращении технических площадок скважин участвуют как занесенные с грунтом или другим образом виды, так и виды обычные для фоновых растительных сообществ. Отмечается увеличение роли некоторых видов, характерных для песчаных отложений в тундрах и аллювиальных песчано-галечных наносов. Вместе с тем, снижается роль большинства видов-эдификаторов тундровых фитоценозов, из них наиболее легко приспосаблиются к новым условиям *Betula nana* и *Salix glauca*. Наиболее заметной чертой испытавших техногенное воздействие сообществ останцов террас является снижение видового разнообразия и обилия лишайников.

Промысел углеводородного сырья может вызывать изменение вертикальной структуры фитоценозов. Приведенные ниже данные касаются всех типов растительных сообществ, разделенных на группы в зависимости от наличия механических нарушений (МН) в профиле почв, вскрытых под ними. Это было сделано по причине достаточной пятнистости растительного покрова. Так, растительные сообщества объединялись в группы при приведенных ниже расчетах, по состоянию почв (с механическими нарушениями и без них) и

по состоянию самих растительных сообществ в соответствии с критериями, изложенными в начале этой главы. Механические нарушения являются явным диагностическим признаком техногенного воздействия, что было рассмотрено в четвертой главе данной работы. Скальпирование почв, пересыпка грунтом с целью создания технических площадок скважин и при рекультивации приводят к уничтожению растительного покрова.

Описаны случаи снижения проективного покрытия мохово-лишайникового-яруса или его уничтожения (Хотеев, 2003, Казанцева, 2011). Последнее является причиной для отнесения точек описания растительных ассоциаций к первой степени нарушенности (точки 14-2, 10-13 и К-19-11). Вырубка зарослей *Salix borealis* и *Salix phylicifolia* отмечается в точках 14-1 и 14-7. Выпадение кустарникового яруса в пойменных сообществах отмечается в точках 21-13, 23-13 и 24-13, где также проводились вырубки для создания технической площадки скважины. Следует отметить, что ивы способны восстанавливаться из частей корневищ, что приводит к появлению несомкнутого яруса, как в некоторых точках в пределах технической площадки скважин №№ 1 и 2.

Мохово-лишайниковый ярус, играющий большую роль в тундровых сообществах, заметно сокращает свое проективное покрытие на безаварийном тундровом участке. Было проведено сравнение различных типов сообществ при наличии механических нарушений в профиле (пересыпка грунтом, скальпирование почв и др.) и без них. Подобный подход объясняется тем, что как данные автора, так и данные из литературных источников (Копцева, 2012; Московченко, 2013) указывают на большую роль механического воздействия промысла на фитоценозы тундр. Так, его суммарное проективное покрытие снижается в среднем на 21% при наличии механических нарушений (рис.62).

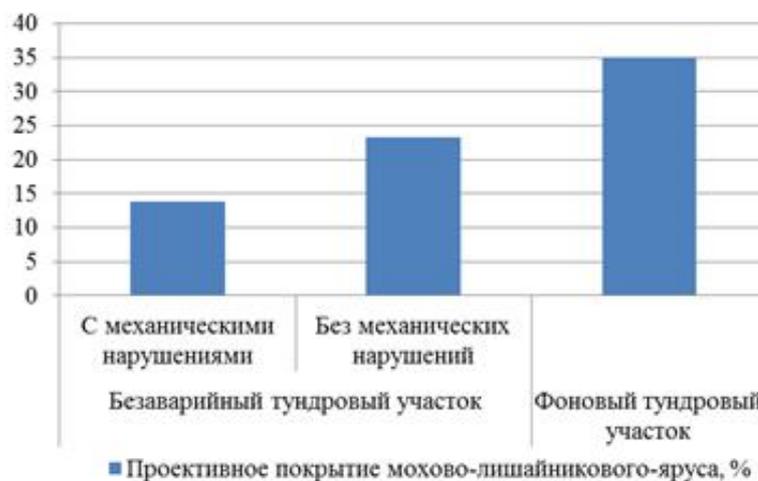


Рис. 62. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса на безаварийном и фоновом тундровых участках.

Также при механическом воздействии и химическом загрязнении изменяется соотношение жизненных форм в фитоценозах.

В сообществах пойм увеличивается доля монокарпических трав: с 0% до 0,06% на безаварийном участке и до 2% на аварийном. Не приспособленные к климатическим условиям тундр, однолетние травы более комфортно себя чувствуют на новых местообитаниях, таких как технические площадки скважин, где не так заметна роль конкурирующих видов. Также возрастает доля осок и ситников за счет видов, отличающихся низкой чувствительностью к углеводородному загрязнению (рис. 63).

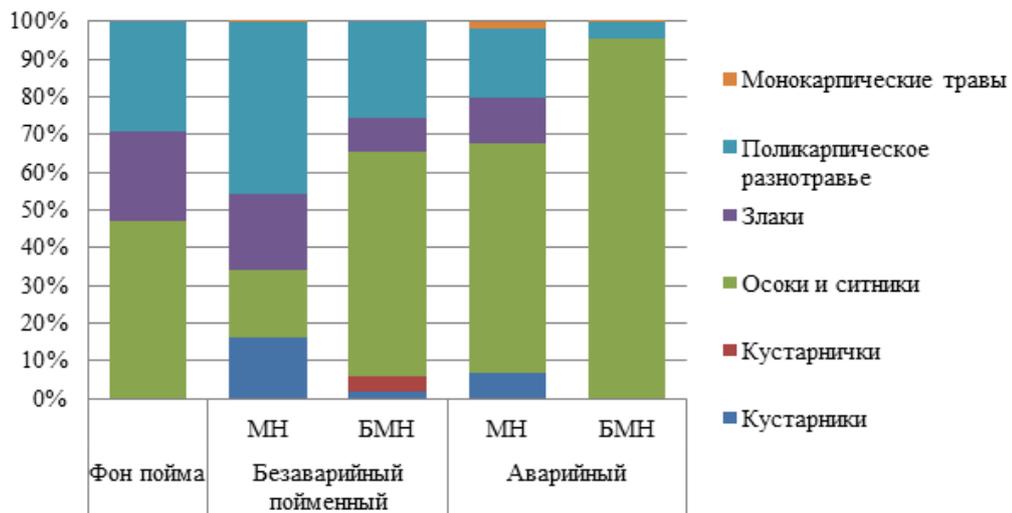


Рис. 63. Проективное покрытие различных жизненных форм в безаварийных и аварийных пойменных условиях по сравнению с фоном (МН – с механическими нарушениями, БМН – без них).

Доля кустарников возрастает по сравнению с фоном на песках, где они достаточно легко закрепляются, как отмечалось выше, а также на умеренно загрязненных (с содержанием НП около 1 г/кг почвы) средних суглинках в мезопонижениях. Однако, они не формируют полностью сомкнутого яруса. Рост доли кустарников и кустарничков отмечается как в аварийных, так и безаварийных условиях.

В результате пересыпки грунтом и уменьшения влажности почв в сильно нарушенных сообществах на безаварийном пойменном участке доля осок несколько снижается и возрастает доля поликарпического разнотравья (рис.64). На аварийном участке наблюдается обратная ситуация, за счет образования пятен монодоминантных осочников на сильнозагрязненном субстрате. Также увеличивается роль монокарпических трав, особенно в сильно нарушенных фитоценозах, таких как пионерные группировки на насыпи.

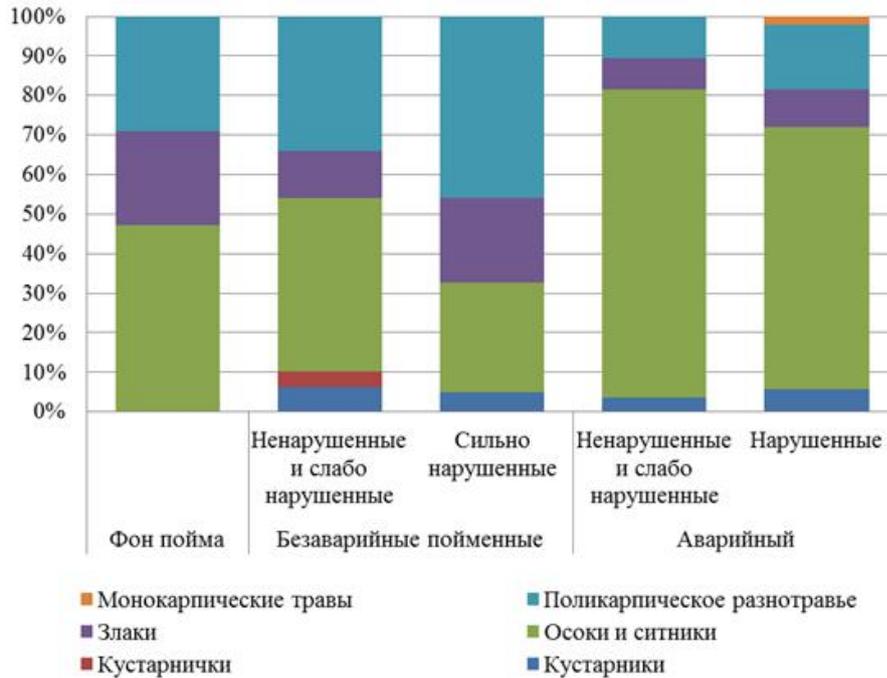


Рис. 64. Проективное покрытие различных жизненных форм в разных типах фитоценозов безаварийных пойменных и аварийного пойменного участков по сравнению с фоном.

Изменение структуры фитоценозов в тундровых условиях более заметно: резко снижается роль видов-эдификаторов тундровых сообществ. Помимо уменьшения проективного покрытия мохово-лишайникового яруса, в сильно нарушенных фитоценозах в пять раз падает доля кустарничков в суммарном проективном покрытии (рис. 65), что также отмечается в литературе (Сумина, 2013). В слабонарушенных фитоценозах несколько возрастает доля злаков и поликарпического разнотравья, что сближает их по видовому составу с сообществами открытых песков в тундре.

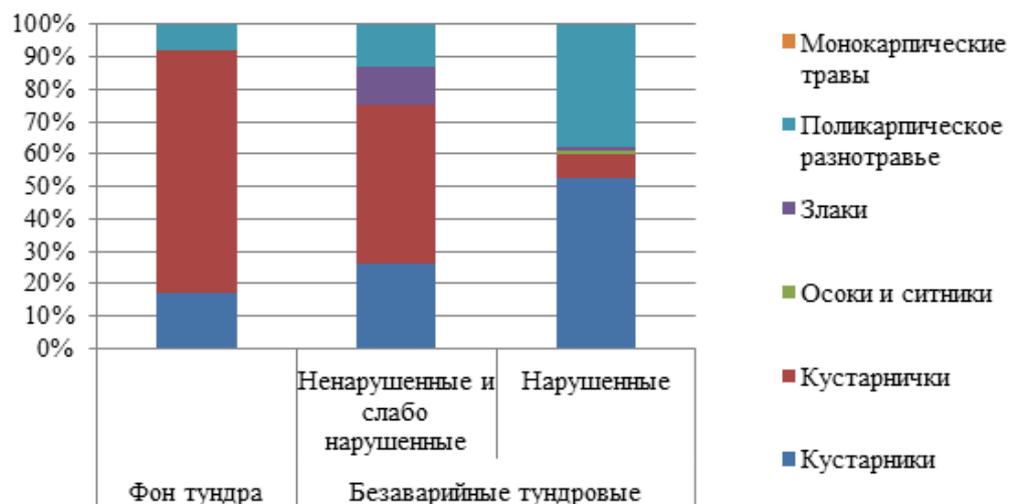


Рис. 65. Проективное покрытие различных жизненных форм в разных типах фитоценозов безаварийных тундровых условиях по сравнению с фоном.

Суммарное участие кустарников и кустарничков на безаварийном тундровом участке снижается до 87% с наличием механических нарушений в профиле почв. Доля кустарников несколько возрастает по сравнению с фоном, благодаря способности некоторых видов восстанавливаться из частей корневищ и занимать открытые пески. На участках без механических нарушений в профиле почв доля кустарничков составляет 63%, тогда как кустарники отсутствуют. Также существенно возрастает доля осок, что может быть связано в первую очередь с изменением условий увлажнения (рис.66). Точки описания на безаварийном тундровом участке без видимых механических нарушений в профиле почв, по всей видимости, испытывают иное воздействие, связанное с подтоплением территории, в пользу чего свидетельствуют такие морфологические признаки в профиле почв, как редкие пятна оглеения.

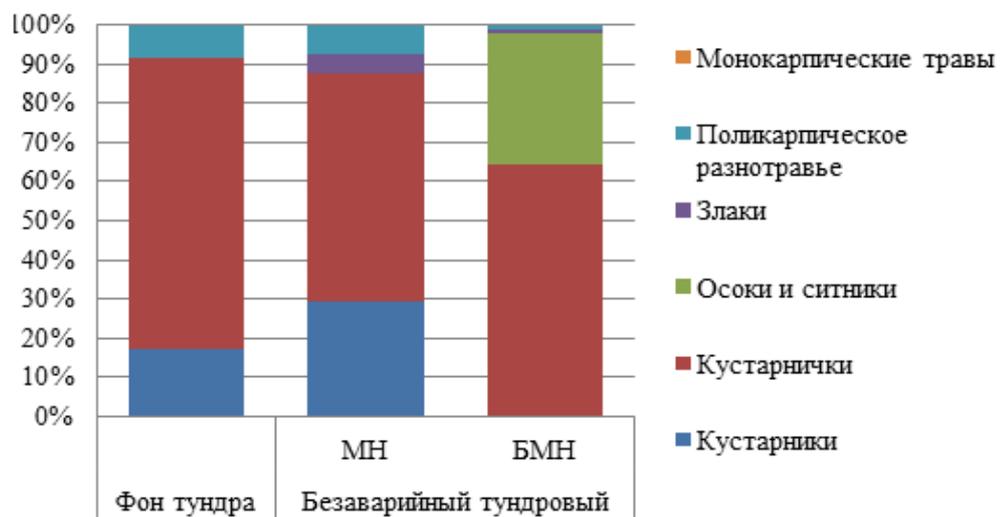


Рис. 66. Проективное покрытие различных жизненных форм в фитоценозах безаварийного тундрового участка по сравнению с фоном.

Механическое воздействие и химическое загрязнение приводят к изменению соотношения зональных групп видов в сообществах одного типа. В отчетах заповедника (Шиманский, 2004) упоминается бореализация флоры как одно из последствий техногенного воздействия на исследуемой территории.

На безаварийном тундровом участке механическое воздействие и полное уничтожение естественной растительности привели к тому, что в сообществах, формирующихся на почвах как механически нарушенных, так находящихся за пределами технической площадки, снижается доля гипоарктических видов (рис. 67).

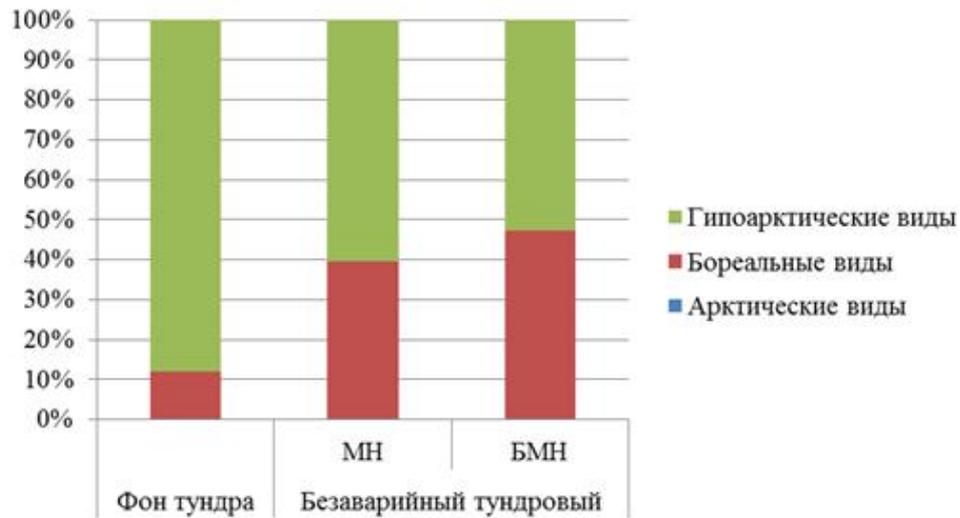


Рис. 67. Доля зональных групп видов для участка «Безаварийный тундровый» в фитоценозах на почвах с механическими нарушениями (МН) и без них (БМН) в сравнении с фоном.

Доля арктических видов максимальна в сообществах открытых песков в фоновых тундровых условиях, где она составляет 12% от суммарного проективного покрытия, однако в сообществах, формирующихся на открытых песках техногенного происхождения, доля арктических видов менее 0,2%.

Сравнение доли широтных зональных групп в сообществах разной степени нарушенности подтверждает связь между увеличением доли бореальных видов и техногенным воздействием. Так, в нарушенных сообществах доля бореальных видов составляет 90% от суммарного проективного покрытия. В ненарушенных и слабонарушенных сообществах (к таким были отнесены, согласно схеме М.Ю. Телятникова (1993), сообщества с выпадением отдельных ярусов, но близкие по видовому составу к фоновым), доля бореальных видов составляет около 43% (рис. 68). Такие различия нельзя объяснить исключительно особенностями видового состава сообществ останцов и условиями водного режима. Занос семян с грунтом для технической площадки, полное уничтожение растительных сообществ при ведении строительства и технической рекультивации, связанной с вывозом металлолома с площадки, являются основными причинами увеличения доли бореальных видов в растительных сообществах в зоне воздействия скважин № 1 и 2.

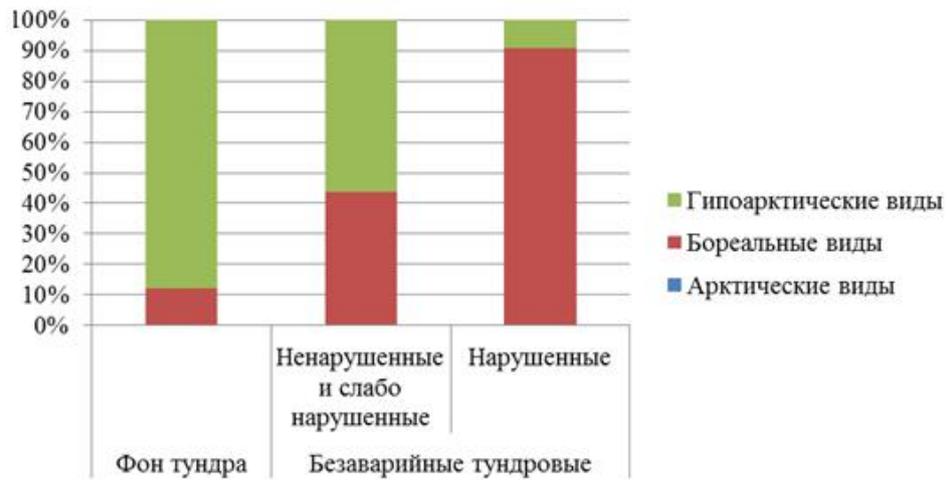


Рис. 68. Доля широтных зональных групп видов в разных типах фитоценозов безаварийного тундрового участка по сравнению с фоновыми условиями. Не столь однозначны результаты для аварийного и безаварийных пойменных участков. В результате механических нарушений, таких как создание обваловки и пересыпка грунтом, изменяются водно-воздушные условия в почвах, что приводит к появлению новых экотопов. Благодаря этому на данных участках увеличивается как доля арктических видов (с 0 до 2-4%), так и роль адвентивных видов, что наблюдается в сообществах на почвах без видимых механических нарушений (рис. 69).

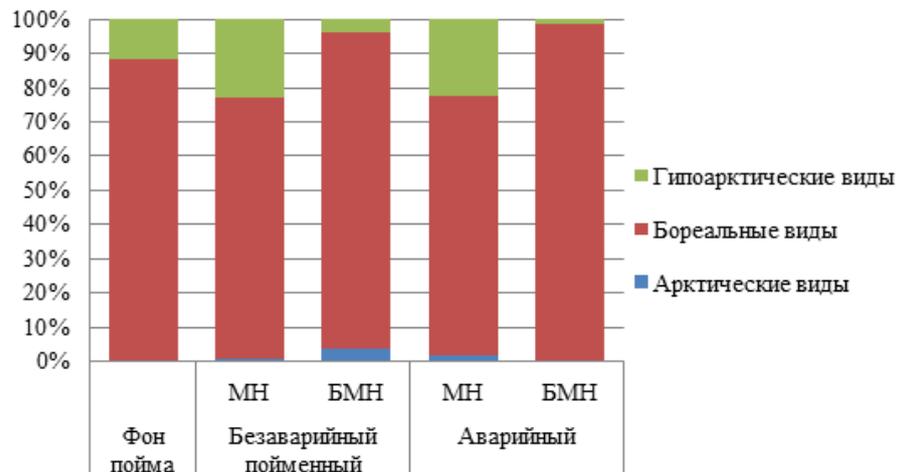


Рис. 69. Доля широтных зональных групп видов для аварийного и безаварийных пойменных участков в фитоценозах на почвах с механическими нарушениями (МН) и без них (БМН) в сравнении с фоном.

Увеличение доли бореальных видов на субстратах с механическими нарушениями в почвенном профиле говорит в пользу теории о заносе семян с грунтом. На безаварийном и аварийном участках отмечается большее разнообразие субстратов по механическому составу, чем в фоновых условиях. Пески и субстраты с включениями обломочного материала использовались при создании технических площадок скважин и обваловки. На них формируются сообщества с увеличением доли гипоарктических и арктических видов. Так, на аварийном участке их доля в сообществах на опесчаненных легких суглинках и супесях может

доходить до 65% по сравнению с почти полным их отсутствием на легких суглинках в фоновых условиях. Однако на легких суглинках состав сообществ достаточно сходен с фоновым участком по соотношению широтных групп видов, что отчасти объясняется сохранением на грунтах, не подвергшихся прямому механическому воздействию, пойменных фитоценозов с преобладанием бореальных видов (рис. 70).

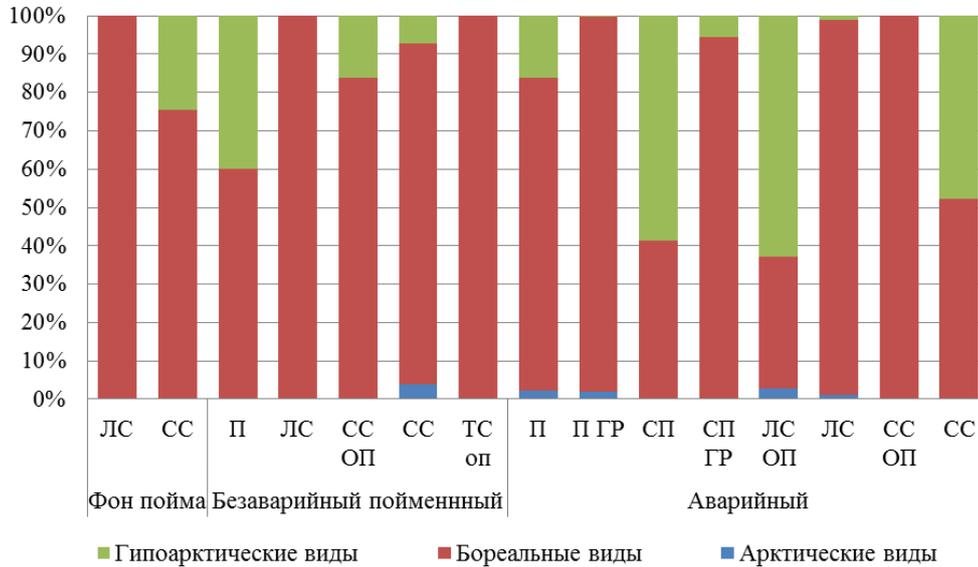


Рис. 70. Доля зональных групп видов для безаварийных и фоновых пойменных участков в фитоценозах на почвах с различным механическим составом. (П- пески, ЛС – легкие суглинки, СС – средние суглинки, СС ОП – средние суглинки опесчаненные, ТС оп – тяжелые суглинки).

Заносимые с грунтом семена видов гипоарктической и арктической групп комфортно себя чувствуют в новых условиях на песках и опесчаненных грунтах благодаря хорошим условиям дренажа. Косвенное подтверждение этого – увеличение доли гипоарктических и арктических видов в сильно нарушенных фитоценозах в пойменных условиях (рис. 71).

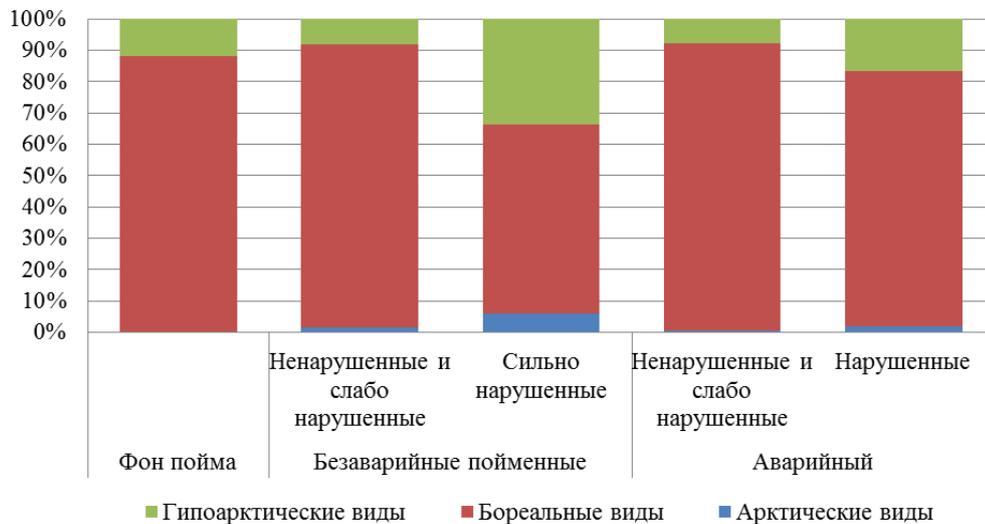


Рис. 71. Доля зональных групп видов в разных типах фитоценозов в пойменных условиях.

Таким образом, для техногенных местообитаний характерно смещение широтных зональных групп видов по сравнению с фоновыми условиями, что может быть объяснено сравнительно малым временем формирования исследуемых фитоценозов. Наиболее заметно ослабление региональных черт в пионерных группировках останцов террас, тогда как в пойменных условиях доля гипоарктических и арктических видов может и увеличиваться в 3 и более раз.

В результате создания насыпных сооружений, таких как технические площадки скважин и поступления в почвы углеводородов нарушается водно-воздушный режим естественных почв и почв техногенных. Одним из последствий таких изменений является заболачивание территории (Алексеев и др., 1994; Солнцева, 1998; Губайдуллин и др., 2005 и др.), которое, в свою очередь, приводит к изменению соотношения экологических групп видов по отношению к увлажнению в фитоценозах.

Как следует из сказанного выше, важную роль в формировании водно-воздушного режима почв играют механические нарушения профиля: скальпирование естественных почв и привнесение грунта для отсыпки технической площадки. Так, механические нарушения приводят к снижению доли гигрофитов в суммарном проективном покрытии почти в 2 раза на безаварийном пойменном участке, мезофитов и гигромезофитов на аварийном пойменном участке. В составе фитоценозов, формирующихся на насыпных грунтах, появляются эвритопные виды и мезогигрофиты (рис. 72). Это говорит о том, что технические площадки скважин в пойменных условиях в целом характеризуются меньшим содержанием почвенной влаги, чем фоновые аллювиальные почвы. Вокруг технической площадки же формируются сообщества с большой (около 70%) долей влаголюбивых растений в суммарном проективном покрытии. Механические нарушения в тундровых условиях приводят к двукратному снижению доли ксеромезофитов, к которым относятся некоторые виды-эдификаторы тундр. В сообществах, занимающих гипсометрически подчиненное положение относительно технической площадки и формирующихся на почвах без механических нарушений, помимо этого возрастает доля влаголюбивых видов (рис. 72).

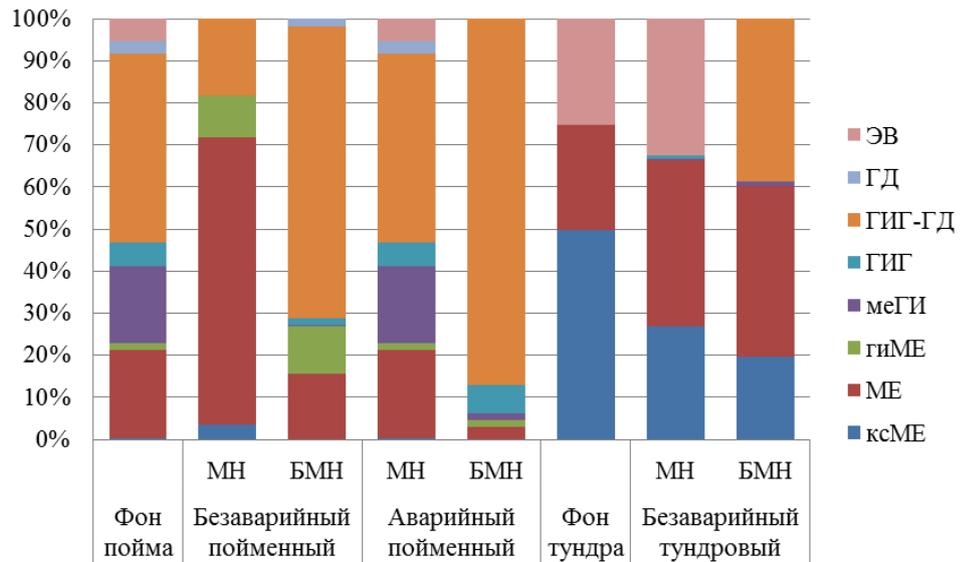


Рис. 72. Соотношение экологических групп видов по отношению к увлажнению при механических нарушениях и без них по сравнению с фоном (КС - ксерофиты, меКС – мезоксерофиты, ксМЕ – ксеромезофиты, МЕ – мезофиты, гиМЕ – гигромезофиты, меГИ – мезогигрофиты, ГИГ – гигрофиты, ГД – гидрофиты, ЭВ – эвритопные виды).

В пойменных условиях слабонарушенные (на безаварийном участке) и фоновые сообщества схожи между собой, хотя в первых отмечается увеличение доли эвритопных видов и гидрофитов. Для сильно нарушенных пойменных фитоценозов более заметны отличия от фона: доля ксеромезофитов увеличивается с нуля до 14% за счет злаков и разнотравных видов пионерных группировок и снижается доля гигрофитов и гигромезофитов (рис. 73). На аварийном участке увеличивается доля гигрофитов-гидрофитов, эвритопных видов и мезогигрофитов. Этот факт можно объяснить устойчивостью некоторых представителей этих групп к углеводородному загрязнению почв. Снижается, также, как и в сильнонарушенных сообществах безаварийного пойменного участка, доля мезофитов и гигромезофитов (рис. 73). Этот факт объясняется влиянием нефтяного загрязнения на водный режим почв.

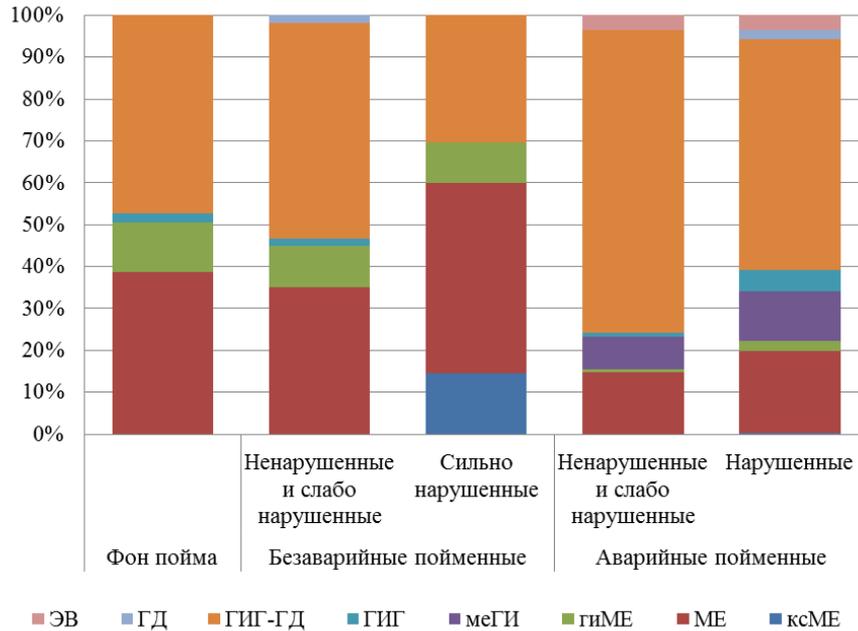


Рис. 73. Соотношение экологических групп по отношению к увлажнению в фитоценозах в пойменных условиях по сравнению с фоном.

Одним из преобладающих типов растительных сообществ на исследуемых участках являются осоковые, хвощево-осоковые и разнотравно-осоковые. Они встречаются как в фоновых условиях, так и поблизости от скважин, в том числе и на аварийном участке, где концентрация нефтепродуктов во вскрытых под осочниками почвах может достигать 25 г/кг.

Анализ соотношения экологических групп по отношению к увлажнению в осоковых и хвощево-осоковых сообществах показывает увеличение доли рецедентных эвритопных видов, мезогигрофитов и мезофитов. Обратный процесс наблюдается в разнотравно-осоковых сообществах, в которых на аварийном участке сокращается число и обилие представителей разнотравья. В фоновых условиях в разнотравно-осоковых сообществах гигрофиты-гидрофиты и мезофиты представлены в равном соотношении, на аварийном участке доля последних снижается с 49 до 12% в суммарном проективном покрытии (рис. 74). Внесение семян с грунтом, занос видов из соседних фитоценозов и сравнительно малая история развития фитоценозов приводят к изменению равновесия в них, разнонаправленным реакциям видов-субдоминантов и фоновых видов на загрязнение и механическое воздействие.

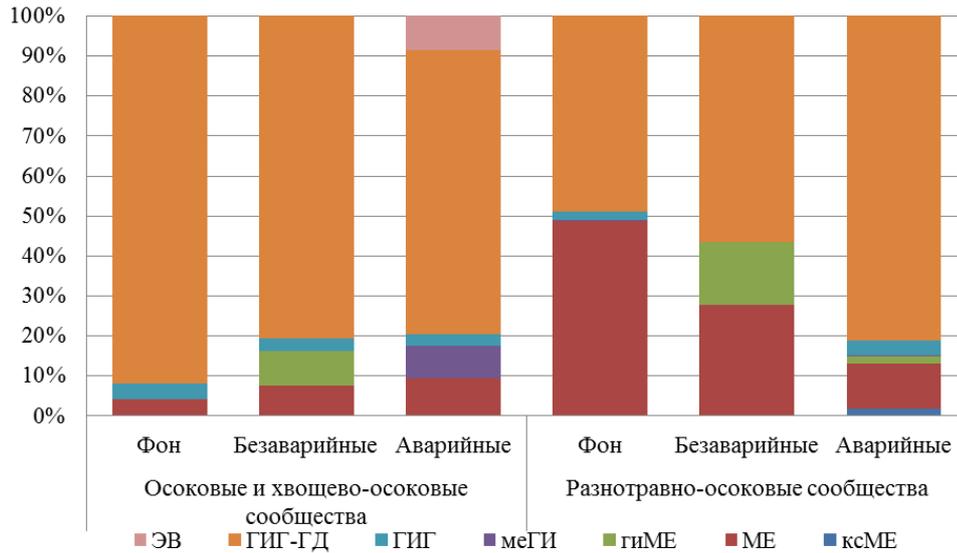


Рис. 74. Соотношение экологических групп по отношению к увлажнению в осоковых, осоково-хвощевых и разнотравно-осоковых сообществах.

Несколько более единообразной выглядит реакция кустарничково-лишайниковых сообществ останцов террас: в них почти в два раза по сравнению с фоном снижается доля ксеро-мезофитов. При включении в сравнение всех типов сообществ контрастность изменений становится более очевидной. В слабонарушенных растительных сообществах в безаварийных тундровых условиях доля ксеромезофитов снижается на 12%, увеличивается участие эвритопных видов, мезофитов и гигрофитов. В сильно нарушенных фитоценозах участие ксеромезофитов падает более чем в три раза, в 2,5 раза увеличивается доля эвритопных видов (рис 75).

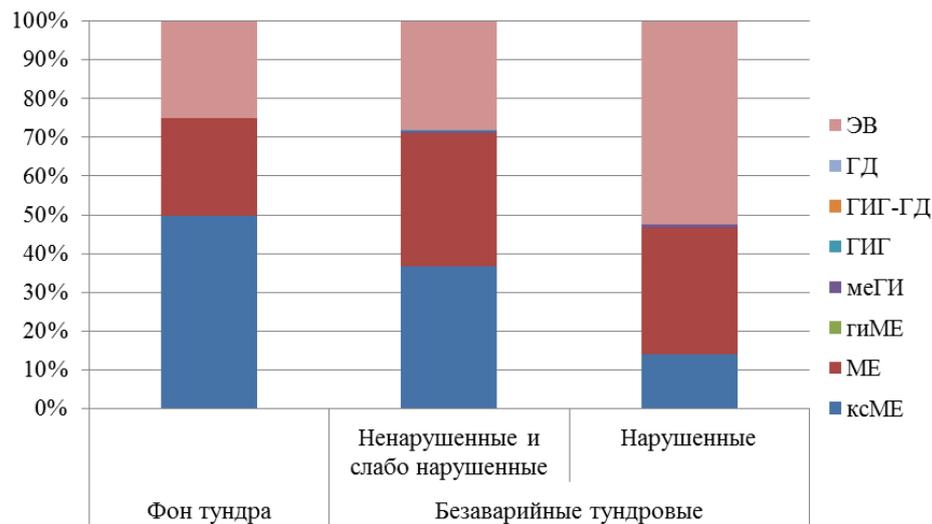


Рис. 75. Соотношение экологических групп по отношению к увлажнению в фитоценозах в безаварийных тундровых условиях по сравнению с фоном.

Подобные изменения структуры в пределах одной группы ассоциаций возможны при изменении его «видового ядра», то есть участия видов-доминантов.

Для разнотравных сообществ характерно снижение проективного покрытия многолетних трав, их частичная замена однолетниками и более устойчивыми к загрязнению видами, такими как *Eriophorum vaginatum*. В некоторых случаях наблюдается увеличение проективного покрытия такого рецедентного вида, как *Equisetum arvense*.

В наиболее распространенных на исследуемых пойменных участках разнотравно-осоковых сообществах зачастую сокращается проективное покрытие доминантного вида *Carex aquatilis*, при этом она остается доминантом в данных сообществах или же доминирует наравне с *Eriophorum vaginatum* или *Veronica longifolia*. Виды-субдоминанты отличаются большей изменчивостью, становясь рецедентными или же исчезая из сообществ (рис. 76). Число рецедентных видов в сфере воздействия промысла увеличивается, также, как и их проективное покрытие. Они отличаются сравнительным разнообразием: характерные для фоновых условий *Equisetum arvense*, *Galium uliginosum*, *Parnassia palustris* уступают *Comarum palustre*, *Veronica longifolia*, злакам *Alopecurus pratensis*, *Arctophila fulva*, *Festuca pratensis* и др. видам.

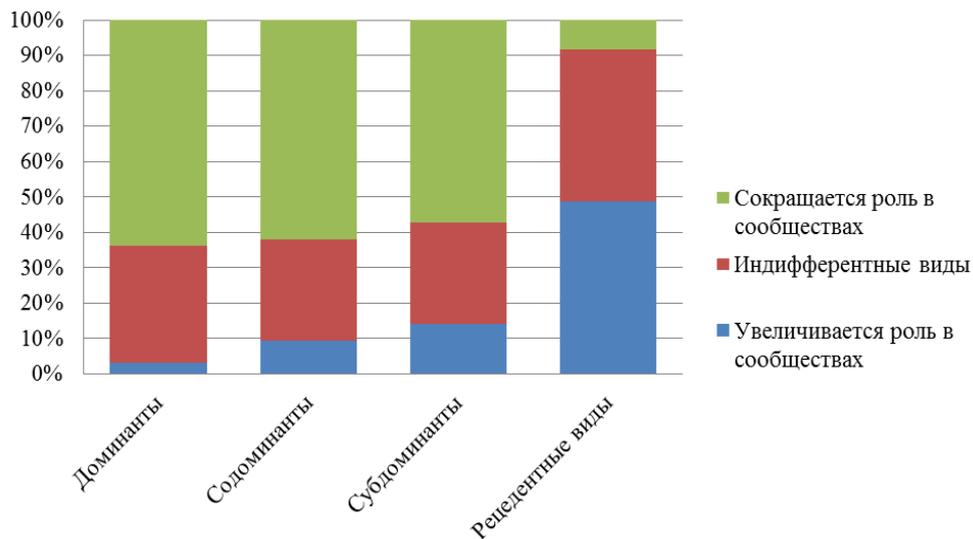


Рис. 76. Изменение роли групп видов в разнотравно-осоковых сообществах по сравнению с фоновыми.

В тундровых растительных сообществах резко падает роль видов-доминантов, тогда как роль некоторых видов-содоминантов возрастает (рис.77). Многие кустарнички в числе содоминантов и субдоминантов сокращают проективное покрытие, уступая первенство иве филиколистной и иве сизой. В сфере воздействия промысла несколько возрастает роль некоторых рецедентных видов, таких как *Tanacetum bipinnatum*, *Veratrum lobelianum*, *Pinguicula vulgaris* и др., увеличивается суммарное проективное покрытие малочисленных видов в сообществах.

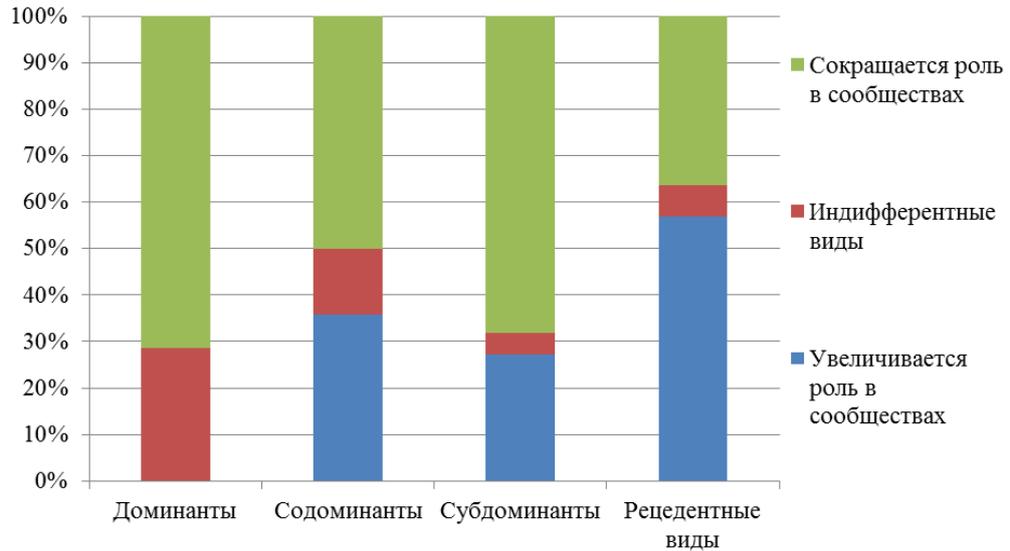


Рис. 77. Изменение роли групп видов в тундровых растительных сообществах.

Сокращение роли видов-эдификаторов тундровых сообществ наиболее заметно на площадках, расположенных в 30 и менее метрах от скважин №№ 1 и 2. Данный факт связан с механическим воздействием: пересыпкой грунтом и уничтожением коренных фитоценозов (Копцева, 2012).

Другое направление воздействия промысла углеводородов на фитоценозы связано с химическим загрязнением: в почвы, донные отложения и воды поступают различные соединения, оказывающие токсическое воздействие на растения, способствующие изменению влаго- и воздухопроницаемости почв.

В 2011 году на аварийном участке в пределах обваловки были отмечены случаи некроза побегов у вероники длиннолистной и некоторых видов ивы, многочисленные отмершие кусты ивы сизой. Их появление можно связать с отмечающимся ежегодно поступлением углеводородов в весеннее половодье из Большого Грифона. Также в точках с наибольшими (5-25 г/кг почвы) концентрациями нефтепродуктов преобладают сообщества, состоящие из осоки водной и пушицы влагилищной, а также пепельника болотного. Все три вида, по всей видимости, оказываются устойчивыми к подобным концентрациям нефтепродуктов.

Менее однозначна связь между концентрацией в почвах нефтепродуктов и видовым составом фитоценозов на безаварийных пойменных участках. Здесь также в некоторых случаях на средних и тяжелых суглинках с концентрацией нефтепродуктов более 1 г/кг почвы развиваются монодоминантные осочники, однако почвы более легкого состава с аналогичным уровнем загрязнения заняты разнотравными сообществами. Еще менее заметна связь между уровнем загрязнения и видовым составом тундровых сообществ: загрязненные горизонты находятся на достаточной глубине и не оказывают видимого влияния на фитоценозы безаварийного тундрового участка.

Таким образом, наиболее заметные изменения в структуре растительных сообществ связаны с механическим воздействием. Роль химического загрязнения не столь очевидна: влияние нефтепродуктов проявляется лишь при высоких (более 10 г/кг) концентрациях в почвах. При сильном углеводородном загрязнении почв и механическом воздействии в пойменных условиях формируются монодоминантные сообщества *Carex aquatilis*, *Eriophorum vaginatum* или *Arctophila fulva*. Растительные сообщества в пределах аварийного участка, где продолжается поступление углеводородов в почву, испытывают наиболее существенное воздействие нефтяного загрязнения, также восстановлению растительного покрова мешают работы по обновлению дамбы и обваловки, проводящиеся по сей день. В данных фитоценозах наиболее заметны изменения видовой структуры.

Последствия механических нарушений, к которым можно отнести и проведение рекультивационных работ, сказываются как на общей дифференциации растительного покрова, что проявляется в усилении его мозаичности, так и на изменении состава и структуры сообществ.

Изменение видового состава проявляется в увеличении видового разнообразия, включении синантропного элемента флоры. Первое связано с увеличением числа экотопов при механическом и геохимическом воздействии, второе частично объясняется привнесением семян с грунтом.

Изменения структуры сообществ заключается в выпадении отдельных ярусов, изменении соотношения различных групп видов (жизненных форм, широтных фракций, экологических групп видов). В наибольшей степени изменения структуры характерны для зональных тундровых сообществ. В результате механического воздействия в них уменьшается доля групп эдификаторных видов: кустарничков, мхов и лишайников, при этом усиливается участие кустарников и поликарпического разнотравья. Лугово-болотные сообщества пойм более устойчивы к различным типам воздействия.

В настоящее время представляется приоритетным наблюдение за восстановлением растительных сообществ в пределах аварийного участка и поблизости безаварийных скважин № 1 и 2. Полученные сведения могут быть использованы для оптимизации рекультивационных мероприятий и проведения фиторемедиации как в пределах Кумжинского месторождения, так и в сходных природных условиях.

ГЛАВА 6. ТРАНСФОРМАЦИЯ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КУМЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аквальные ландшафты (АЛ) представляют собой сложные динамические системы, которые аккумулируют твердые и растворенные вещества, выносимые из расположенных гипсометрически выше автономных, транзитных и супераквальных ландшафтов. АЛ включают в себя водную массу, живое вещество, донные илы и занимают различные формы подводного рельефа (Перельман, Касимов, 1999).

Субстраты (донные отложения) под слоем воды менее 2 м согласно WRB (World Reference Base for Soil Resources) относятся к почвенным образованиям (2006). В отечественной науке в классификациях В.А. Ковды, Е.В. Лобовой, Б.Г. Розанова (1967) и М.А. Глазовской (1972) используется предложенный Б.Б. Польшовым (1948) термин «субаквальные почвы», но одновременно с ним используется и термин В.А. Серышева «аквазем» (1986). В настоящее время нет единого мнения о выделении подводных почв и их таксономии (Cowardin, 1982; Коншин, Кузнецов, 1985; Ивлев, Нестерова, 2004; Росликова, 2012). Пространственная дифференциация подводных почв (донных отложений) имеет собственные закономерности, их отличает сравнительно низкая дискретность по сравнению с почвами суши.

Аквальные ландшафты устьевых частей рек являются конечными звеньями ландшафтно-геохимических арен, по площади совпадающих с водосбором (Лычагин и др., 2011; Глазовская, 1988). Крупные реки переносят взвешенные и растворенные вещества как антропогенного, так и природного происхождения. Состояние аквальных ландшафтов их дельты является отражением экологического состояния и уровня техногенной нагрузки на всем их водосборе (Глазовская, 1988). Печора привносит поток разнообразных химических элементов и соединений в Баренцево море, оказывая влияние на состояние его биологических ресурсов (Горячие точки..., 2008; Stenina et al, 2009; Walker et al, 2009; Соколов, 2013). Благодаря присутствию в видовом составе ихтиофауны таких ценных видов, как сиг и пелядь, водотоки дельты Печоры относятся к водным объектам первой рыбохозяйственной категории (Новоселов, 2012). В соответствии с законодательством Российской Федерации содержание загрязняющих веществ в подобных водных объектах не должны превышать ПДК рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{рх}) первой категории.

Смена гидродинамических, физико-химических и биогеохимических условий в дельтах рек приводит к аккумуляции разнообразных веществ по геохимическим барьерам и геохимическим барьерным зонам (Емельянов, 1998; Гордеев, 2009). Понятие «граница барьера» является несколько условным. Во многих случаях она носит размытый характер и правильнее говорить о «пограничной зоне», где резко возрастают градиенты концентраций элементов (Максимович, 2010). Формирующиеся при добыче углеводородного сырья локальные и

региональные техногенные потоки приводят к поступлению в аквальные ландшафты нефти и нефтепродуктов, ПАУ (3,4-бензпирен и др.), фенолов, соединений серы (свободная сера, сероводород, сульфаты, меркаптаны и др.), V, Ni, Br, J, B, Hg (Connell et al., 1980; Перельман, Касимов, 1999).

После аварии на Кумжинском месторождении в рамках мониторинга состояния окружающей среды оценивалось загрязнение поверхностных вод и донных отложений, проводился расчёт количества газоконденсата, поступившего в донные отложения протоки (Taskaev et al., 1998). Авария и последующие работы по предотвращению распространения загрязнения привели к созданию антропогенного объекта – водохранилища на протоке Малый Гусинец (Захаров, Шубин, 1996; Юшкин, 2010). В настоящее время на территории заповедника «Ненецкий» продолжают наблюдения за качеством вод, состоянием и разнообразием гидробионтов, отбор проб донных отложений и анализ содержания в них нефтепродуктов.

6.1. Механическое воздействие на аквальные ландшафты и изменения подводного рельефа на Кумжинском газоконденсатном месторождении.

В результате аварии образовались грифоны на месте скважин, участок вокруг них был затоплен водами протоки Малый Гусинец. Сначала затопленная часть поймы была отделена перешейком от основной части протоки, но впоследствии он был размыт. В настоящее время аварийный участок, о чем уже писали выше, окружен обваловкой и отделен двумя дамбами выше и ниже по течению. Препяжение протоки способствует аккумуляции твердых наносов ниже и выше по течению. Малый Гусинец сегодня не имеет выхода в Коровинскую губу, по данным рекогносцировочного маршрута, выполненного автором в 2013 году, мелкие протоки в направлении вниз по течению от дамбы в значительной степени заболочены. Является ли это последствием ограждения протоки Малый Гусинец, или же их естественными особенностями, выяснить не представляется возможным.

Образовавшееся водохранилище отличают значительные перепады глубин, как было выявлено при исследовании с эхолотом сотрудниками заповедника в 2004 году (рис. 78). Площадь большого зеркала изолированного участка акватории по данным замеров 2004 г. составила 88356 м², то есть увеличилась на 36000 м² по сравнению с состоянием на 1998 год. Это связано с такими современными процессами, как постепенное размывание дамб и берегов и заболачивание.

По данным сотрудников заповедника, на дне водохранилища за многие годы накопилось много разнообразных промышленных отходов, металлолома, включая затопленную баржу, которые являются потенциальными источниками загрязнения вод и донных отложений.

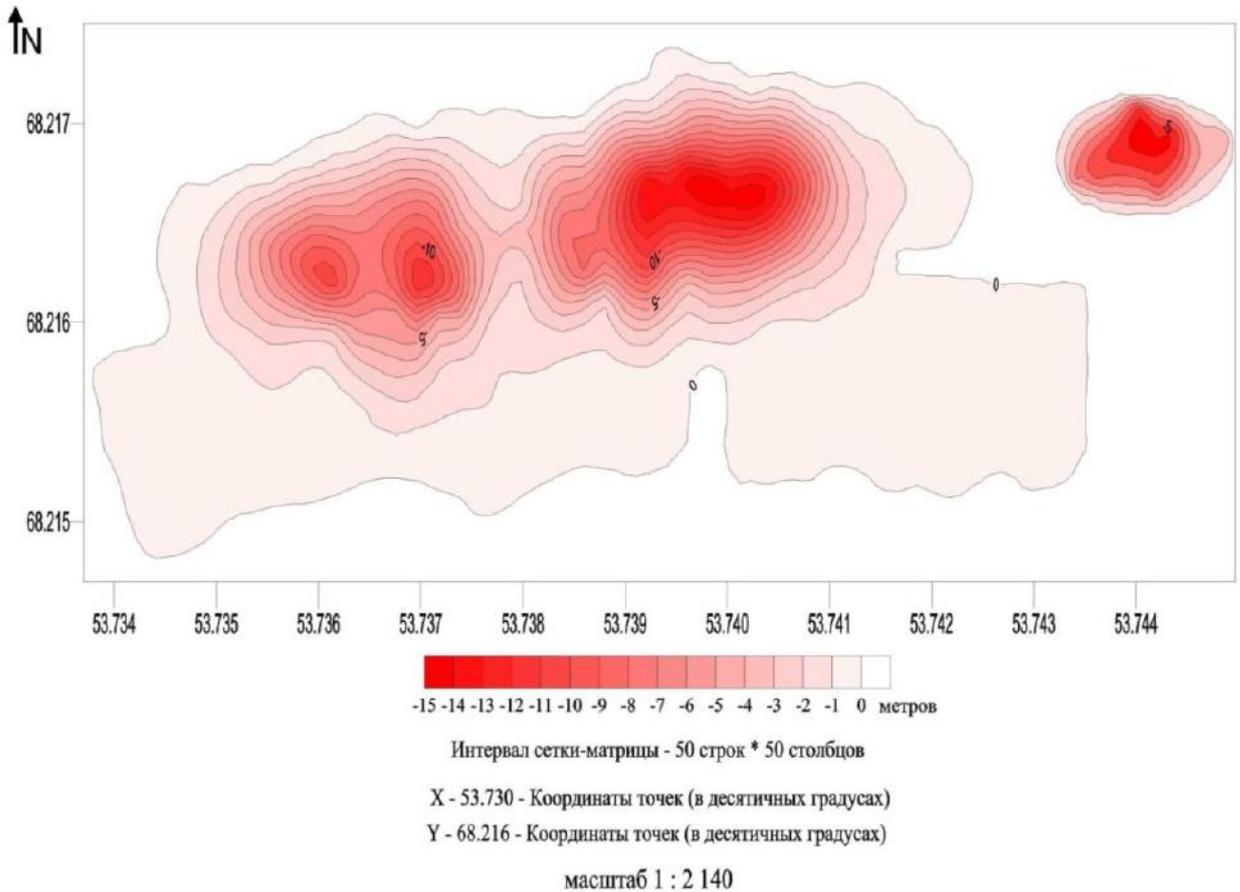


Рис. 78. Карта глубин водохранилища на протоке М. Гусинец (Шиманский, 2004)

Активная склоновая эрозия, приводящая к размыву обваловки и дамбы, также оказывает влияние на подводный рельеф: поступающий материал способствует сглаживанию склонов грифонов. Новый слой наносов покрывает насыщенные углеводородами донные отложения, что приводит к изменению окислительно-восстановительных условий. Перекрытые им загрязненные акваземы становятся источником вторичного загрязнения водных экосистем (Солнцева, 1998, Новоселов, 2006).

На участке протоки выше по течению от водохранилища в конце 2000-х проводились дноуглубительные работы для облегчения прохождения баржей с материалом для укрепления дамбы. Этим работам сопутствовало перераспределение донных отложений и временное увеличение мутности воды. Для остальной территории месторождения нет точных данных о проведении дноуглубительных работ или ином техногенном изменении подводного рельефа.

Таким образом, механическое техногенное воздействие на аквальные ландшафты происходило как разовое и неконтролируемое при аварии и образовании грифонов и как многократное при проведении рекультивационных и дноуглубительных работ. Наиболее заметны проявления механического воздействия на аквальные ландшафты в пределах аварийного участка.

6.2 Геохимическое воздействие и изменение качества природных вод.

Воды р. Печоры, Печорской и Коровинской губ характеризуются как чрезвычайно чувствительные к загрязнению нефтью (Экологическое состояние, 2001; Даувальтер, 2001; <http://www.arkheco.ru/env/water/?227>). Основным локальным источником загрязнения природных вод являются затопленные устья скважин на аварийном участке. Мониторинг состояния природных вод ведется в течении многих лет, одним из основных наблюдаемых показателей является содержание в них нефтепродуктов. Установленные ПДК для рыбохозяйственных водоемов составляют 0,05 мг/дм³. Ниже приведены концентрации нефтепродуктов в водах протоки Малый Гусинец выше и ниже по течению от аварийного участка и в Коровинской губе при впадении в нее протоки Малый Гусинец по данным (Глотов и др., 2005) (рис. 79).

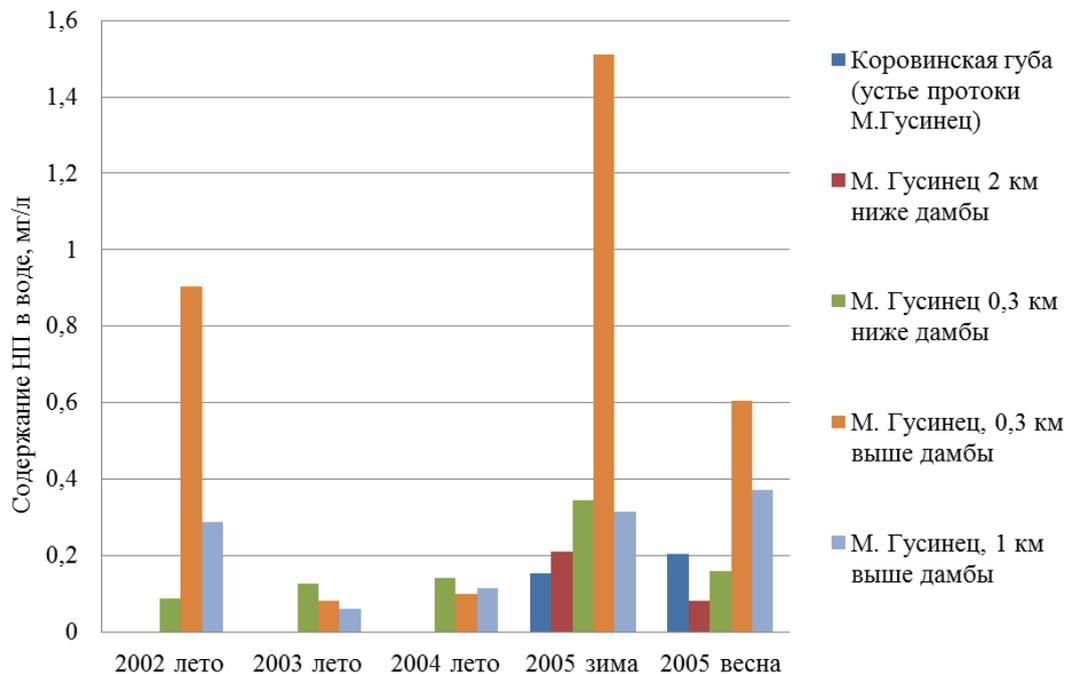


Рис. 79. Содержание НП в поверхностных водах поблизости аварийного участка (по Глотов и др., 2005).

Как видно из приведенного выше графика, превышение ПДК наблюдается во всех точках отбора проб воды. Крайне высокие концентрации нефтепродуктов в точке отбора, расположенной на 300 м выше по течению от дамбы, отделяющей аварийный участок, возможно объяснить воздействием транспорта при ведении рекультивационных работ, а также более низкой скоростью обмена водами этой части протоки с другими водными объектами. Хорошо видна сезонная изменчивость концентраций нефтепродуктов с максимумом, приуроченным к зимнему периоду, что связано с газопроявлениями на аварийном участке (Глотов, 2005). По состоянию на 2000 год объем газа, поступающего из кратеров скважин №№ 9 и 10, составил 56 м³ в сутки. Процесс зимнего накопления нефтепродуктов в грифоне

скважины № 9 и весенний их выброс в дельту реки Печоры, в том числе в Коровинскую губу, наблюдается в течение многих лет. Водохранилище на аварийном участке отличаются несравнимо большими их концентрациями, а также существенная контрастность в пространственном распределении загрязнителей (таблица 15) (Макаревич, 2009).

Таблица 15.

Содержание нефтепродуктов в водах водохранилища на аварийном участке, мг/дм³

Точка отбора проб	2002 лето	2003 лето	2004 лето	2005 зима	2005 весна
У береговой линии	2,88	0,971	1,853	0,43	0,076
Центр кратера скважины №	32940	1,798	914,768	131636,4	1766,68
Приповерхностный слой воды	0,645	1,513	2,333	342,45	4,275

Средняя концентрация нефтепродуктов в водах Большого Грифона, образовавшегося на месте скважин №№ 5, 9, 10, в среднем составляет не более 9 мг/л (рис. 80). Подобное содержание нефтяных углеводородов превышает ПДК для всех типов водоемов.

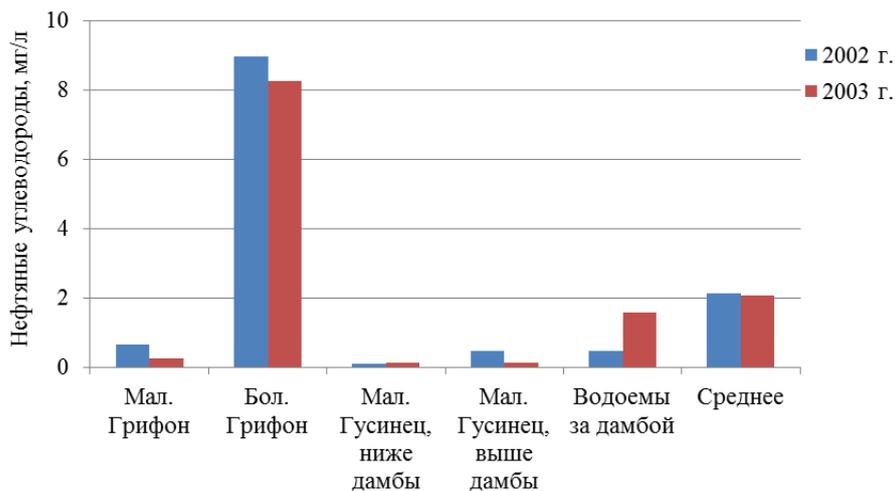


Рис. 80. Средние концентрации нефтяных углеводородов в зоне воздействия аварийных скважин в 2002-2003 гг. (по Глотов, Лавриненко, 2007)

По результатам измерений в 2012 году содержание нефтепродуктов в воде в пределах водохранилища превышало ПДК_{рх} в 6 – 17 раз, выше дамбы водохранилища по правому берегу их концентрация составили 1,2 ПДК_{рх}. Превышений в остальных точках отбора проб воды обнаружено не было.

В настоящее время в Большом и Малом грифонах продолжается поступление углеводородов: во время полевых работ было зафиксировано наличие масляных пленок на поверхности всех водных объектов поблизости от аварийного участка (рис. 81). В Большом грифоне отмечается постоянное образование поднимающихся к поверхности пузырьков газа.

Для оценки масштаба загрязнения экосистем дельты в целом, необходимо учитывать особенности гидрологического режима, наличие сгонно-нагонных движений и приливов, роль которых особо велика в межень.

В период весеннего половодья уровень воды в транзитных водотоках повышается в среднем на 1,5 – 2 м. Колебания уровня воды, вызванные приливами, находятся в пределах 15 – 20 см, сгонно-нагонными явлениями - 60 – 65 см (Глотов, Лавриненко, 2007). Изменения уровня воды способствуют как размыву нижней дамбы, так и перераспределению поллютантов. Сток воды в протоке м. Гусинец ниже северной дамбы определяется в основном сгонно-нагонными явлениями и в меньшей степени приливными колебаниями уровня воды в Коровинской губе, изменяясь от 0 (при приливе) до 5,6 м³/с (при отливе).



Рис. 81 Нефтяные пленки на поверхности воды в пределах обваловки (фото автора)

Несмотря на высокие уровни загрязнения вод технического водохранилища на аварийном участке, а также протоки Малый Гусинец, в настоящее время загрязнение водотоков дельты Печоры и Коровинской губы незначительно. В летние месяцы наблюдается процесс эвтрификации водоемов, связанный с повышенной концентрацией фосфора (Патова, 2007). Активизация фотосинтеза и отмирание синезеленых водорослей приводят к подщелачиванию вод, изменению трофических связей в водных экосистемах и наносят ущерб ихтиофауне.

6.3 Воздействие на донные отложения

Донные отложения представляют источник вторичного загрязнения вод и поступления загрязняющих веществ в водные растения и растения прибрежной зоны. В настоящее время содержание нефтепродуктов в донных отложениях на территории Ненецкого автономного округа регламентируется принятыми в 2011 году нормативами (Приложение 2).

Существующая система отбора проб в точках с известными географическими координатами позволяет сотрудникам заповедника следить за многолетними изменениями загрязнения донных отложений на всей территории заповедника «Ненецкий». Наименьший уровень загрязнения характерен для Коровинской губы, также относительно низкое содержание поллютантов отмечается в устьевых створах основных протоков. Максимальны уровни загрязнения в водохранилище на аварийном участке, однако в протоке Малый Гусинец ниже

дамбы содержание тяжелых металлов в донных отложениях снижается, о чем говорят сведения, полученные сотрудниками заповедника в 2000 году (таблица 16).

Таблица 16.

Содержание тяжелых металлов и нефтяных углеводородов (НУВ) в донных отложениях основных водных объектов изучаемой территории (по Шиманскому, 2004)

Водный объект	Содержание в донных отложениях, мг/кг									
	Co	Cu	Pb	Mn	Zn	Ni	Cr	As	Hg	НУВ
Входные створы из Печоры	0,76	0,44	0,31	171	2,1	0,8	118,2	0,7	0,009	5,85
Устьевые створы основных проток	0,29	0,91	0,39	175	1,7	0,8	28,6	0,5	0,01	11,2
Озера	0,58	0,65	0,2	187,7	2,6	0,7	106,2	0,8	0,007	17,75
Коровинская губа	<0,02	0,71	0,17	19,3	1,3	0,3	5,7	1	0,004	92,4
Водохранилище	0,15	1,26	0,57	50,8	2,2	0,9	28,1	3,3	0,026	1750
М. Гусинец выше южной дамбы	0,14	0,66	0,38	244,1	1,7	0,9	42,7	1,5	0,014	14,1
М. Гусинец ниже северной дамбы	0,58	0,64	0,34	56,4	1,5	0,5	59,7	1,5	0,002	10,8

Современное состояние донных отложений рассматривается на основе данных, полученных автором в 2011 и 2013 годах. Для фонового состояния донных отложений как песчаного, так и глинистого состава характерна слабокислая и кислая реакция ($pH=5,1-5,7$), крайне низкое содержание водорастворимых солей. Концентрация нефтепродуктов в донных отложениях, отобранных на фоновых участках, не превышает региональные значения.

В донных отложениях поблизости скважины №14 не выявлено превышения ПДК по содержанию каких-либо вредных веществ, содержание нефтепродуктов не превышает фоновое, $pH=6,3$. Данный участок располагается на острове в Печорской губе, донные отложения которой представлены крупнозернистыми песками, что не способствует аккумуляции загрязняющих веществ.

В пробе донных отложений из протоки поблизости скважин №1 и 2 в 2011 году наблюдалось превышение концентрации нефтепродуктов над нормативом почти в 5 раз, оно составило 1020 мг/кг, при этом обнаруженные продукты относились ко второму типу. В 2013 году содержание нефтепродуктов было близко к пороговому значению для донных отложений песчаного состава – 225 мг/кг. Значения pH в 2011 и 2013 году составили 5,8 и 6,3 соответственно. Подобная изменчивость год от года может говорить о большой роли течений и

величины стока в переносе загрязняющих веществ, или же о переслаивании загрязненных углеводородами отложений новыми наносами.

Наибольшей вариативностью как во времени, так и в пространстве отличается содержание загрязняющих веществ в донных отложениях аварийного участка. По данным заповедника за 2008 год в грифонах, образовавшихся на месте скважин, формируется слой насыщенной углеводородами гелеобразной взвеси мощностью от 0,5 до 6 м. Также достаточно велико содержание углеводородов непосредственно в донных осадках, в среднем от 2597,8 до 3591,8 мг/кг, что в пересчете на общий объем загрязненного осадка дает 16 513 кг. По данным на 2000 г. в некоторых точках отбора проб донных отложений в пределах водохранилища содержание нефтяных углеводородов составляло более 5 000 мг/кг.

В 2011 году донные отложения Большого Грифона отличались средним значением pH 5,0 и остаточным содержанием углеводородов порядка 20-25 г/кг в наиболее загрязненной его части. Отбор проб в 2013 году проходил в большем объеме, были подтверждены данные о снижении уровня загрязнения донных отложений по мере удаления от аварийного участка, а также о существенной изменчивости уровня загрязнения в пределах Большого Грифона.

Среднее значение pH для отобранных 13 проб составляет 5,3. Наименьшие значения характерны для проб, отобранных в пределах водохранилища у северной дамбы, здесь отмечается кислая реакция (до 3,3 – 4,3), для пробы из Малого Грифона pH=6,4. За северной дамбой щелочно-кислотные условия близки к фоновым.

Содержание солей во всех пробах не превышает 1%. Наибольшие значения отмечаются в пробах с левого берега, а также отобранных в северной части водохранилища. Качественный состав солей в донных отложениях имеет некоторые отличия от почв аварийного участка: в них отмечается большее количество ионов кальция и меньше гидрокарбонат-ионов (рис. 82).

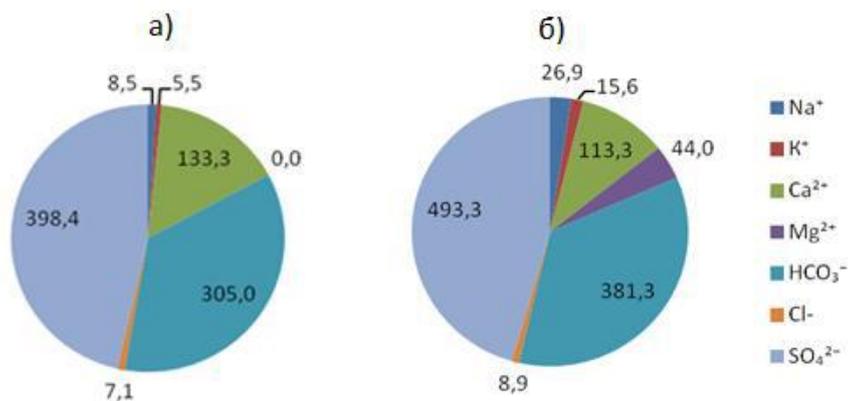


Рис. 82. Состав водорастворимых солей в донных отложениях аварийного участка, мг/экв. а) в северо-западной части водохранилища (точка К-13); б) в северо-восточной части водохранилища (точка К-24).

Содержание нефтепродуктов в среднем составляет 2,8 г/кг, что существенно превышает региональные нормативы. Наиболее приближенные к нормативным значения наблюдаются в точке К-13, где остаточное их содержание составляет 0,5 г/кг. Максимальные значения характерны для точек отбора в северной части водохранилища, где концентрация нефтепродуктов составляет около 5-6 г/кг. Наблюдаемые значения близки к данным многолетних наблюдений, полученным от заповедника.

Таким образом, максимальные отличия от фоновое состояние донных отложений по щелочно-кислотным условиям и по содержанию нефтепродуктов и водорастворимых солей зафиксированы поблизости северной дамбы. Возможные объяснения этого могут быть как связаны с путями поступления пластового флюида на поверхность, так и с перераспределением загрязняющих веществ в результате паводков и сохранения связи водохранилища с протокой Малый Гусинец.

Содержание тяжелых металлов определялось выборочно для дальнейшего подсчета коэффициента биологического поглощения осокой водной. В настоящее время ПДК для донных отложений не разработаны, поэтому сравнение содержания тяжелых металлов в отобранных образцах проводилось с ПДК для почв. Для донных отложений характерна значительная контрастность по содержанию тяжелых металлов. Наименьшие значения зафиксированы поблизости отгороженной части Большого Грифона. Для данной точки концентрации всех пяти определяемых металлов (Ni, Zn, Co, Pb, Cu) не превышают 0,4 мг/кг. Такие значения сравнимы с фоновыми и концентрацией тяжелых металлов в пробе донных отложений, отобранной выше по течению поблизости скважин 1 и 2. Максимальные концентрации были зафиксированы в точке К-24, расположенной на левом берегу водохранилища у северной дамбы (рис. 83).

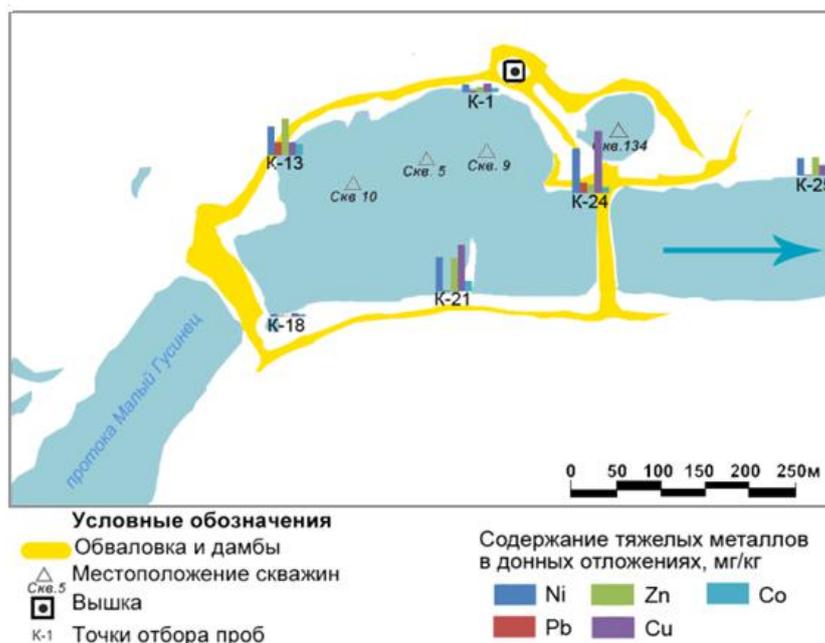


Рис. 83. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях аварийного участка, мг/кг

Отмечаемые концентрации тяжелых металлов превышают значения ПДК в двух точках. В расположенной на правом берегу К-21 содержанию меди составляет 4,61 мг/кг при ПДК 3,0 мг/кг. Также превышение ПДК меди в два раза отмечается в точке К-24, где помимо этого повышено содержание никеля (4,4 мг/кг). В остальных точках отбора проб содержание тяжелых металлов оказалось меньше ПДК.

Донные отложения являются депонирующей средой и служат более надежным показателем уровня загрязнения водных объектов, чем гидрохимические показатели, так как менее изменчивы во времени. Загрязнение донных отложений приводит к негативному воздействию на все звенья водных экосистем. В работе было выявлено сильное углеводородное загрязнение донных отложений в пределах аварийного участка и превышение региональных нормативов содержания нефтепродуктов для одного из изучаемых участков поблизости безаварийных скважин. Для донных отложений с повышенным содержанием водорастворимых солей, что является характерным признаком при техногенном воздействии промысла углеводородов, выявлено увеличение доли ионов кальция в несколько раз.

Полученные данные говорят о необходимости дальнейшего мониторинга состояния донных отложений, более точной оценки накопления нефтепродуктов донными отложениями не только в пределах водохранилища на аварийном участке, но также в створе протоки Малый Гусинец и некоторых проток, на берегах которых расположены безаварийные скважины. Полученная информация представляет интерес также для наблюдений за видовым разнообразием и численностью различных гидробионтов, которые выполняются на территории заповедника.

6.4. Содержание тяжелых металлов в растительности

Одним из признанных методов биологической индикации техногенного воздействия является изучение растительного покрова. Указывать на загрязнение могут как изменения растительных сообществ, так и морфологии отдельных экземпляров. Таким образом, можно говорить о биоиндикации на биоценотическом, популяционном и организменном уровнях. При анализе возможной биологической концентрации загрязнителей выделяют виды-индикаторы, для которых характерно как широкое распространение на данной территории, так и способность к аккумуляции исследуемых видов веществ.

В дельте Печоры встречается 39 видов макрофитов из 24 родов, 17 семейств, 5 классов, 4 отделов. Лидирует семейство *Potamogetonaceae* (10 видов, 27%). На втором месте семейство *Cyperaceae*, в нем насчитывается 4 вида, 10% (Вехов, 1987). Наиболее распространенными видами являются рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*) и рдест гребенчатый (*P. pectinatus*). Прибрежная растительность представлена несколькими видами осок и хвостников, северолюбкой рыжеватой, ежеголовником северным, сабельником болотным. В планктоне озер дельты преобладают по разнообразию представители фитообрастаний и фитобентоса, что объясняется мелководностью водоемов, в протоках преобладают диатомовые и синезеленые водоросли (Стенина, Патова, 2010).

На территории заповедника ведется мониторинг содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в двух видах растений – осоке водной (*Carex aquatilis*) и северолюбке рыжеватой (*Arctophila fulva*). Аккумуляция загрязняющих веществ в осоке при нефтяном загрязнении достаточно часто освещалась в публикациях (Новиков, 1984; Лавриненко, 1998 и др.). Оба вида являются кормовыми для птиц и млекопитающих заповедника, а также встречаются повсеместно. Сотрудниками заповедника были предоставлены данные 2003 года, основанные на анализе содержания нефтепродуктов и некоторых тяжелых металлов в пробах фитомассы осоки острой и северолюбки рыжеватой.

В 2003 году были выявлены превышения концентрации по сравнению с фоновым уровнем для меди, кобальта и никеля в пробах осоки водной. В пробе с берега Большого Грифона, произраставшей на нефтезагрязненном субстрате концентрация никеля в верхних частях листьев осоки, составила 245 мг/кг, что в 100 раз превышает фоновое значение (рис. 84).

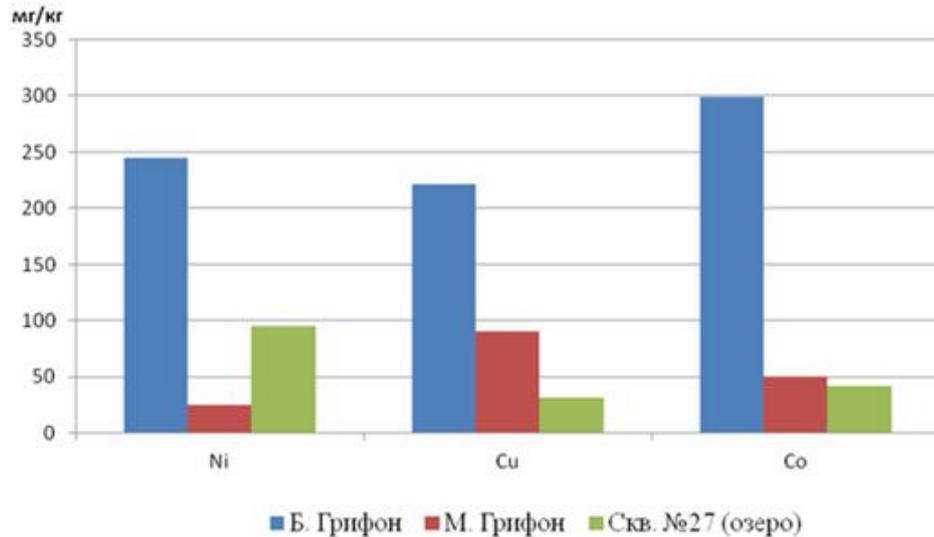


Рис. 84. Концентрация никеля, меди и кобальта в биомассе листьев осоки водной (Шиманский, 2004)

В пробе, отобранной поблизости озера у скважины № 27, концентрация никеля также достигала очень высоких значений и была сопоставима с накоплением никеля растениями, произрастающими на Кольском полуострове в районе воздействия предприятий «Североникель». В пробе с берега Малого грифона содержание никеля в биомассе осоки составляло 25 мг/кг. Содержание меди и кобальта также максимальны в пробе, отобранной на берегу Большого Грифона (220 мг/кг и 300 мг/кг соответственно) и минимально в пробе, отобранной у Малого Грифона. Концентрации, подобные наблюдающимся у берега Большого Грифона, характерны для экологически неблагоприятных окрестностей г. Мончегорска (Глотов, Лавриненко, 2007).

Как уже отмечалось, в 2013 году автором было отобрано 7 проб осоки острой поблизости аварийного участка и одна на фоновом пойменном участке. Параллельно отбирались пробы донных отложений.

Для оценки доступности элементов растениям и степени использования ими подвижных форм элементов, содержащихся в почве, используется коэффициент биогеохимической подвижности B_x , определяющийся как отношение содержания элемента в сухом веществе к его содержанию в почве в подвижной форме (Перельман, Касимов, 1999). Наибольшие значения характерны для цинка и меди, наименее активно аккумулируется в сухом веществе осоки водной кобальт (рис.85).

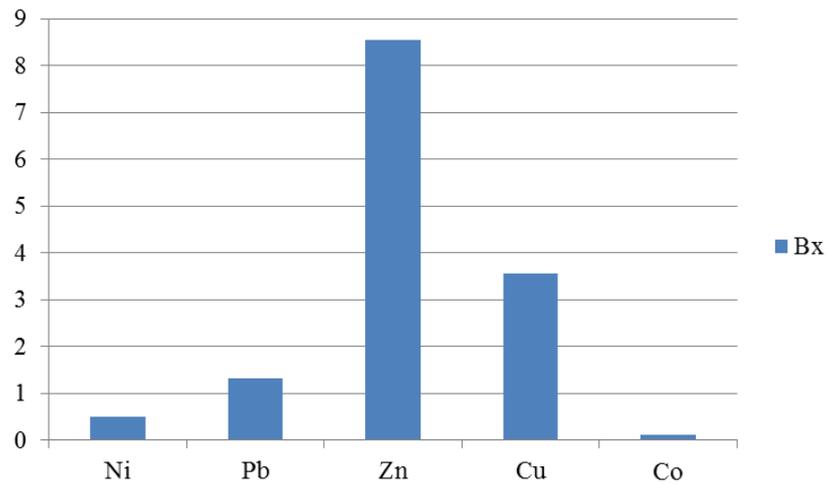


Рис. 85. Значения коэффициента биогеохимической подвижности *Bx*.

Учитывая сравнительно низкий уровень загрязнения тяжелыми металлами в точках, где была зафиксирована их большая концентрация в осоке острой, можно говорить о том, что накопление цинка и меди обусловлено особенностями поглощения данных металлов растениями (Перельман, Касимов, 1999). Наблюдаемые концентрации тяжелых металлов в надземных частях осоки водной существенно ниже зафиксированных в 2003 году. Наибольшее содержание тяжелых металлов в сухом веществе осоки водной наблюдается поблизости отгороженной части Большого Грифона, наименьшие значения на аварийном участке зафиксированы в южной части водохранилища у левого берега. Учитывая положительную динамику изменения концентрации тяжелых металлов и в почвах, можно говорить о том, что самоочищение донных отложений от тяжелых металлов протекает достаточно активно и в настоящее время основное воздействие на прибрежные растения оказывает загрязнение нефтепродуктами, а не тяжелыми металлами.

Из-за отсутствия ПДК тяжелых металлов (нормативов) в фитомассе исследуемых видов, также, как и других видов-эдификаторов растительных сообществ исследуемых участков загрязнение растений оценивалось путем сравнения полученных значений с фоновыми концентрациями. При этом использовались данные автора и материалы многолетних наблюдений, представленные сотрудниками заповедника. С помощью такого подхода оценивалось и воздействие нефтяного загрязнения на растения.

Описаны случаи положительного воздействия малых концентраций нефти на рост некоторых видов растений (Солнцева, 1998; Леонтьева и др., 2008). Полученные автором данные также говорят о том, что сравнительно низкие концентрации (менее 1 г/кг) нефтепродуктов в почвах и донных отложениях не оказывают заметного отрицательного влияния на развитие характерных для дельты Печоры прибрежных растительных сообществ.

Проведенные в 2011-2013 годах исследования показали большую контрастность щелочно-кислотных условий, содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов для донных отложений аварийного участка. Также в 2011 году отмечались превышения региональных нормативов содержания нефтепродуктов в пробах донных отложений поблизости безаварийных скважин, расположенных выше по течению от аварийного участка. В целом, изучение поведения загрязнителей в водных объектах на данной территории представляет сложность по причине большой роли течений и нагонных явлений на перераспределение твердого стока в дельте Печоры

. Таким образом, в зоне влияния Кумжинского ГКМ происходит не только трансформация почвенно-растительного покрова, но и загрязнение поверхностных вод и донных отложений нефтепродуктами, тяжелыми металлами и легкорастворимыми солями. Донные отложения на разных участках водотоков изменяются неодинаково. Неравномерный характер загрязнения донных отложений связан с их гранулометрическим составом, перераспределением при транспортировке наносов течением реки, а также с продолжающимся поступлением газоконденсата из аварийных скважин. Кроме этого, как показывают многолетние мониторинговые исследования, отмечается устойчивая тенденция снижения содержания веществ-загрязнителей в донных отложениях, как во времени, так и по мере удаления от аварийных скважин.

ВЫВОДЫ

1. Трансформация экосистем дельты Печоры в районе Кумжинского газоконденсатного месторождения определяется комбинацией природных (ландшафтных) и техногенных факторов (количеством скважин на промышленных площадках (кустах), степенью консервации аварийных скважин, проведением рекультивационных работ, широким распространением техногенных субстратов и подчиненных ландшафтов и т.д.). Механические воздействия на компоненты экосистем и их химические загрязнения часто проявляются совместно и в различных сочетаниях.
2. Техногенно-преобразованные почвы и ТПО, сформированные на территории месторождения, имеют общие характеристики: механические нарушения (скальпированность, турбированность, чередование слоёв и др.), пестрота морфологических признаков (ожелезненность, восстановленность, оглеенность и др.), подщелачивание, загрязнение техногенными углеводородами и сопутствующими тяжелыми металлами, признаки засоления, не свойственные естественным (аллювиальным, подзолам и др.) почвам в дельте р. Печора. Химические преобразования почв и ТПО наиболее выражены на аварийном участке, что связано с продолжающимся в настоящее время поступлением газоконденсата из законсервированных скважин.

3. Даже через 35 лет после аварии концентрации нефтепродуктов (до 27 г/кг) в органогенных горизонтах аллювиальных почв микропонижений вокруг технических площадок буровых и скважин превышают фоновый уровень в 13-17 раз. Это еще раз подтверждает известный и описанный факт уязвимости экосистем Арктики к техногенным воздействиям при аварийных разливах и выбросах нефтепродуктов, а также низкую способность почв после этого к самовосстановлению.
4. В зависимости от свойств почв и ТПО (главным образом гранулометрического состава), наличия погребенных горизонтов и характеристик горизонтов деятельного слоя выделяются три основных типа радиального распределения органического углерода и нефтепродуктов: *поверхностно-аккумулятивный* тип, *поверхностно-срединно-аккумулятивный* с двумя максимумами в профиле и *грунтово-аккумулятивный* с наиболее высоким содержанием в глеевом горизонте.
5. Латеральная дифференциация нефтепродуктов ярко выражена на аварийном участке месторождения, слабее – на безаварийных. На аварийном участке миграция и аккумуляция НП контролируется не только большим разнообразием почвенно-геохимических условий (гранулометрический состав почв, разная гумусированность, глеевый режим и др.), но и регулярной пересыпкой грунтом территории при обновлении дамбы. На безаварийных участках нефтепродукты вымываются из почв водораздельных позиций, образуя в микропонижениях у склонов технической площадки, выраженные в верхних органогенных горизонтах аллювиальных гумусовых глеевых почв, аккумуляции (до 27560 мг/кг).
6. На современном этапе для растительности последствия механического воздействия более заметны по сравнению с химическим загрязнением. Механические нарушения в местах бурения, транспортировки, проведения рекультивационных мероприятий приводят к усилению мозаичности растительного покрова, увеличению его видового разнообразия и структуры сообществ. В наибольшей степени изменения структуры фитоценозов характерны для зональных тундровых сообществ. Сообщества пойм (в особенности монодоминантные луговые сообщества *Carex aquatilis*, *Eriophorum vaginatum* или *Arctophila fulva*) более устойчивы к различным типам воздействия, сохраняя в составе доминирование злаков и осок (до 70% в суммарном проективном покрытии).
7. Воздействие техногенных источников на аквальные ландшафты вызывает формирование локальных техногенных зон загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами в илистых донных отложениях и водах в пределах аварийного участка и на удалении более 3 км от него. Неравномерный характер загрязнения донных отложений в

пространстве и времени, с одной стороны, связан с их перераспределением при транспортировке наносов течением реки, с другой с продолжающимся поступлением газоконденсата из аварийных скважин.

8. На основании полученных результатов показано, что наиболее распространенный механический способ рекультивации загрязненных почв на территории месторождения – пересыпка грунтом - в пределах останцов речных террас неэффективен, поскольку существенно замедляет естественное зарастание технических площадок. В способы рекультивации на аварийном участке месторождения предлагается внести дополнения: наряду с пересыпкой почв с повышенным содержанием углеводов проводить биологическую рекультивацию - посев местных видов (например, *Arctophila fulva*, также являющийся ценным кормовым видом для птиц), характерных для пойменных растительных сообществ, обладающих повышенной устойчивостью к загрязнению нефтепродуктами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) *Аветов Н.А., Шишконокова Е.А.* Загрязнение нефтью почв таежной зоны Западной Сибири // Бюл. Почв. Ин-та им. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 45–55
- 2) *Александрова В.Д.* Динамика мозаичности растительных сообществ пятнистых тундр в арктической Якутии // Мозаичность растительных сообществ и ее динамика. Владимир, 1970. С. 5–31.
- 3) *Алексеев П. Д., Бараз В. И., Гридин В. И. и др.* Охрана окружающей среды в нефтяной промышленности — М.: Изд-во РГУ нефти и газа им. И. Губкина, 1994. — 474 с.
- 4) *Алексеев Ю. В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987.
- 5) *Алисов Б.П.*, Климат СССР. – М.: Изд-во Московского университета, 1956. – 125 с.
- 6) *Андреева Т.А.* Интегральная оценка воздействия нефтяного загрязнения на параметры химического и биологического состояния почв таежной зоны Западной Сибири. Автореф. дисс. канд. биол. наук, Томск, 2005. 24 с.
- 7) *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: изд-во МУ, 1970. - 488 с.
- 8) *Аристовская Т.В.* Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука. 1980. 187 с
- 9) *Арчегова И. Б., Капелькина Л. П.* Посттехногенные экосистемы Севера. – " Наука", 2002.
- 10) *Астахов В.И.* Фотогеология северного плейстоцена: успехи и проблемы// Региональная геология и металлогения. - 2004. - № 21. С. 27-44.
- 11) *Астахов В.И., Свенсен Й.И.* Покровная формация финального плейстоцена на крайнем северо-востоке Европейской России // Региональная геология и металлогения. - 2011. - № 47. С. 12-27.
- 12) *Базанов В. А. и др.* Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган //Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – №. 2. – С. 72-75.
- 13) *Баранов А. В. и др.* Деградация и охрана почв в районах освоения месторождений углеводородов Крайнего Севера //Георесурсы, геоэнергетика, геополитика: Электронный научный журнал. – 2010. – №. 2. – С. 2.
- 14) *Безроднов В.Д.* К вопросу о химическом составе пород и гидрохимической зональности грунтовых вод Печорской низменности. // Геология Кайнозоя севера Европейской части СССР. – М.: Издательство Московского Университета, 1966. – 255 с.
- 15) *Блохина С. Л., Середина В. П.* Гумусное состояние фоновых почв Кондаковского месторождения углеводородного сырья // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2009. №1 (5) С.44-51.

- 16) *Бородулина Т.С., Полонский В.И.* Влияние нефтезагрязнения почвы на прорастание семян пшеницы и салата//Проблемы развития АПК Саяно-Алтая: мат-лы межрегион. науч.-практ. конф. -Ч. 2. -Абакан: Хакас. кн. изд-во, 2009. -С. 78-81.
- 17) *Брагина П.С., Цибарт А.С., Завадская М.П., Шаранова А.В.* Почвы на отвалах вскрышных пород в лесостепной и горно-таежной зонах Кузбасса // Почвоведение, 2016. № 7. С. 879-889.
- 18) *Брагина П.С.* Почвообразование на отходах горнодобывающих предприятий Кемеровской области. Автореф. к.г.н. 2016. Москва 23 с.
- 19) *Братцев А.П.* Поглощение нефти и нефтепродуктов торфяными почвами. Влияние геологоразведочных работ на природную среду Большеземельской тундры // Тр. Коми науч. Центра УрО АН СССР. Сыктывкар, 1988. № 90. С. 29–35.
- 20) *Бреслина И. П., Карнович В. Н.* Развитие растительности под влиянием жизнедеятельности колониальных птиц //Ботанический журнал. – 1969. – Т. 54. – С. 690-696.
- 21) *Бузмаков С. А.* Биоиндикация техногенной трансформации экосистем на территории нефтяных месторождений по состоянию микробного комплекса //Географический вестник. – 2014. – №. 2 (29).
- 22) *Быкова О.Ю.* Антропогенная трансформация ландшафтов и анализ экологических ситуаций Ямало-Ненецкого автономного округа. Автореф. дисс.... канд. географ. наук., Москва. 1995. 24 с.
- 23) *Валеева Э. И. Московченко Д. В.* Мониторинг загрязнения рек Обского Севера // Экватор-2002: Материалы конгр. / Под общ. ред. проф. Л. И. Эльпинера. М., 2002. С. 580–581.
- 24) *Вардуни Т. В. и др.* Особенности аккумуляции радионуклидов наземными мхами в зоне многолетнего техногенного воздействия, на примере пилезии многоцветковой //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 101. С 151-165.
- 25) *Васильевская В. Д.* Устойчивость криогенных почв к антропогенным воздействиям //Криогенные почвы. – 1992. – С. 52.
- 26) *Васильевская В. Д., Иванов В. В., Богатырев Л. Г.* Почвы севера Западной Сибири. – МГУ, 1986.
- 27) *Васильевская В.Д., Кириллишин В.В.* Антропогенные нарушения почвенного покрова в южной тундре Ямала и мероприятия по их предотвращению // Вестник МГУ. Сер. 17, Почвоведение. 1993. № 4. С. 3–9.
- 28) *Вехов Н.В.* Высшие водные и околводные растения севера и северо-востока Европейской части СССР // Флора Севера и растит. Ресурсы европ. Ч. СССР. 1987. С. 14–15

- 29) *Владимиров В. А., Дубнов П. Ю.* Аварийные и другие несанкционированные разливы нефти //Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2013. – Т. 3. – №. 1.
- 30) Водно-болотные угодья России. Том 3. Водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции (под общ. ред. В.Г.Кривенко). - М.: Wetlands International Global Series No. 3, 2000. - 490 с.
- 31) *Водяницкий Ю. Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М.: ГНУ Почвенный ин-т им. ВВ Докучаева РАСХН, 2008. 86 с.
- 32) *Водянова М.Л.* Эколого-гигиеническая оценка способов биоремедиации нефтезагрязненных почв селитебных территорий. автореф. дис. ... канд. биол. наук, Москва, 2013. 26 с.
- 33) *Воробьев Д.С.* Донные сообщества пойменных речных систем бассейна Васюгана в условиях нефтяного загрязнения. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Томск, 2003. 23 с.
- 34) *Воробьев Д. С., Попков В. К.* Нефтепродукты в воде и донных отложениях бассейна реки Васюган //Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №. 4. – С. 48-50.
- 35) *Воскобойников Г. М. и др.* Изменения у макрофитов литорали Баренцева моря под влиянием нефтепродуктов //Arctic Shelf Oil & Gas Conference 2004. – 2004.
- 36) *Габбасова И.М., Абдрахманов Р.Ф., Хабиров И.К., Хазиев Ф.Х.* Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромысловыми сточными водами в Башкирии // Почвоведение, 1997, № 11. С. 1362–1372.
- 37) *Гагарина О. В., Алешкин С. В.* Природная и антропогенная составляющая в формировании качества поверхностных вод нефтяных месторождений Удмуртии //Вестник Удмуртского университета. – 2011. – №. 6-2. С. 13-18
- 38) *Гаджиев И.М., Курачев В.М.* Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. С. 6-15.
- 39) *Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф.* Пески и песчаные почвы. М.: Геос, 1999. - 252 с.
- 40) *Гайдеек В.И., Кочетков О. С., Алисиевич Л.Н., Юдин В.М.* О путях формирования месторождений нефти и газа (на примере Тимано-Печорской провинции) // Геология нефти и газа. 2000, № 5. С. 44-49.
- 41) *Геннадиев А.Н.* Нефть и окружающая среда // Вестник М.Ун-та. Сер. 5. География. 2009. №6. С.30-39.
- 42) *Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Флоровская Д.Н.* Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах. М.: Изд-во М. Ун-та. 1996. 188с.

- 43) *Геннадиев А. Н., Пиковский Ю. И.* Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: метод и опыт составления //Почвоведение. – 2007. – №. 1. – С. 80-92.
- 44) Геология СССР. М: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр. Т. 2. 1963. - 1080 с.
- 45) Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. / Под. ред. Н.С.Касимова и А.Е.Воробьева. М.: Изд-во МГУ, 2002. 395 с.
- 46) *Герасимова М.И. Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). М.: Изд-во МГУ, 2003. 267 с.
- 47) *Глазовская М.А.* Почвы мира. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 1972. 231 с
- 48) *Глазовская М.А.* Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состоянии экосистем. М.: Наука, 1981. С. 7-41.
- 49) *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1986. 246 с.
- 50) *Глазовская М. А.* Состояние, динамика и диагностика почвенных экосистем, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и промышленными водами //Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: Сб. науч. тр.–М.: Наука. – 1988. – С. 7-50.
- 51) *Глазовская М.А., Пиковский Ю.И., Коронцевич Т.И.* Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче // Вопросы географии. Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Сб.120. – М.: Мысль, 1983. – С.84-108.
- 52) *Глотов А.В.* (отв. исполнитель) Мониторинг состояния природных экосистем в районе аварийной скважины № 9 Кумжинская. Нарьян-Мар, 2005. – 41 с.
- 53) *Глотов А.В., Лавриненко И.А. и др.* Отчет по теме «Подготовка экологических рекомендаций по обеспечению возможности работ на Кумжинском газоконденсатном месторождении» Нарьян-Мар, 2007. – 40 с.
- 54) *Гордеев В.В.* Система река – море и ее роль в геохимии океана. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. д.г.-м.н. М., 2009. 35 с
- 55) Горячие точки Севера России (Мурманская обл., Республика Карелия, Архангельская обл., Ненецкий АО, Республика Коми, Ямало-Ненецкий АО, север Красноярского края, Республика Саха, Чукотский АО). Прибрежные морские импактные районы Российской Арктики. Москва, 2008. 144 с.

- 56) *Григориади А. С., Султанова Р. И.* Изучение устойчивости дикорастущих растений-фиторемедиантов к загрязнению почвы сырой нефтью // Биотехнология - от науки к практике: Материалы научных докладов участников Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Киреевой Наили Ахняфовны. Том 1. Уфа - РИЦ БашГУ. 2014. 214 с. – С. 22 – 25.
- 57) *Григорьев Н.А.* Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 383 с.
- 58) *Губайдуллин М. Г., Коробов С. В., Затульская Т. Ю., Ружников А. Г.* Информационно-компьютерная система экологической оценки геологической среды при освоении нефтяных месторождений севера тимано-печорской нефтегазоносной провинции // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2005. №2. С.4-11.
- 59) *Гут Т. М.* Влияние нефтяного загрязнения на флористический состав сообществ // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – №. 6 (155). – с. 42-45.
- 60) *Даувальтер В. А.* Химический состав отложений пресноводных водоёмов Европейской Субарктики как показатель состояния водных ресурсов // Природопользование в Евро-Арктическом регионе опыт XX века, перспективы и последствия/Под ред. Акад. РАН. ВТ Калиникова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. – 2001. – С. 192-201.
- 61) *Демидиенко А.Я., Демурджан В.М. Шеянова, А.Д.* Изучение питательного режима почв, загрязненных нефтью//Агрохимия. -1983. -№ 9. -С. 100-103.
- 62) *Демин Б. Н. и др.* почвенно-растительного комплекса в окрестностях рудника «Баренцбург» полициклическими ароматическими углеводородами. Арктика: экология и экономика №3 (7), 2012 – с. 62-73.
- 63) *Добровольский В. В.* Роль органического вещества почв в миграции тяжелых металлов // Природа. – 2004. – №. 7. – С. 35-39.
- 64) *Добровольский В.В.* Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы// Почвоведение № 4, 1997. С.432-441.
- 65) *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — 460 с.
- 66) *Дорогостайская Е.В.* Сорные растения Крайнего Севера СССР. Л. 1972. 172 с.
- 67) *Дорохова М.Ф., Солнцева Н.П.* Экспериментальные исследования процессов миграции нефти в почвах Калининградской области // Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М.А.Глазовской / под. ред. Н.С.Касимова, М.И.Герасимовой. М.: АПР, 2012, с. 259–276.

- 68) *Евдокимова Г.А.* Аккумуляция тяжелых металлов в почвах и растениях в результате аэротехногенного загрязнения // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах.: Тр. III Всесоюз. Совещ. —Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 121-125
- 69) *Егорова А. А.* Влияние гусеничного транспорта на растительный покров тундровой зоны (Бассейн реки Индигирки) //Ботанические исследования в криолитозоне: сборник научных трудов. – 1992. – С. 162.
- 70) *Емельянов Е.М.* Барьерные зоны в океане. Осадко- и рудообразование, геоэкология. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 416 с.
- 71) *Затонская В. М., Лобанов Ф. И., Макаров Н. В.* Некоторые аспекты проблемы загрязнения окружающей и внутренней среды свинцом //Успехи химии. – 1981. – Т. 50. – №. 4. – С. 693-714.
- 72) *Захаров А. Б., Шубин Ю. П.* Усинская авария нефтепровода: Состояние и восстановление природной среды // Всерос. совещ. «Экологические проблемы Севера Европейской территории России»: Тез. докл. 11—15 июня. — Апатиты, 1996. — С. 96—97
- 73) *Звягинцев Д.Г., Гузев В.С, Левин С.В., Оборин А.А.* Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью // Почвоведение, 1989. №1. С 72-78
- 74) *Звягинцев Д.Г, Умаров М.М., Чернов И.Ю., Лысак Л.В., Марфенина О.Е и др.* Микробные сообщества и их функционирование в процессах деградации и самовосстановления почв. В кн. «Деградация и охрана почв». Изд.-во МГУ, 2002. С. 401-454
- 75) *Зонн С. В.* Железо в почвах (генетические и географические аспекты). М.: Наука, 1982. 207 с.
- 76) *Ивлев А. М., Нестерова О. В.* К вопросу об изучении аквапочв //Вестн. ДВО РАН. – 2004. – Т. 4. – С. 47-52.
- 77) *Игнатенко И.В.* Почвы восточно-европейской тундры и лесотундры. – М.: Наука, 1979. – 278 с.
- 78) *Исаченко А.Г., Шляпников А. А.* Природа мира: Ландшафты. — М.: Мысль, 1989. — 504 с.
- 79) *Ишбирдин А.Р., Миркин Б.М.* Типы нарушений и вторичные восстановительные сукцессии в лесотундре (на примере месторождения "Медвежье") // Освоение Севера и проблема рекультивации. Сыктывкар: Ин-т биологии Коми науч. центра УрО РАН. 1991.С. 93-94.
- 80) *Казаков Л.А., Сергиенко В.Г., Иванов А.М., Антонов О.И.* Мониторинг приморских ландшафтов в устье р. Варзуги в связи с фитомелиорацией эродированных песков. // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов/ отв. редактор П.А.Феклистов.- Архангельск: изд-во САФУ, 2013.- Вып. 16. – с. 76-80.

- 81) *Казанцева М. Н.* Влияние нефтедобычи на живой напочвенный покров таежных лесов Западной Сибири //Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 18.
- 82) *Казанцева М. Н., Размахнина Г. А.* Особенности ответных реакций на слабое нефтяное загрязнение суходольных и заболоченных сосняков южной тайги Западной Сибири //Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2012. – №. 12. – С. 42-48.
- 83) *Калецкая М.С.* Четвертичные отложения и некоторые черты развития рельефа восточной части Печорского бассейна. Материалы всесоюзного совещания по изучению четвертичного периода. Т. II. – М.: 1961.С. 7-11.
- 84) *Капелькина Л.П.* Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. – СПб., 1993. – 191 с
- 85) *Капелькина Л. П.* О естественном зарастании и рекультивации нарушенных земель Севера // Успехи современного естествознания. 2012. №11-1 С.98-102
- 86) *Капелькина Л. П., Попов А. И.* Оценка состояния и рекультивация нарушенных земель на нефтепромыслах Севера России // Известия ОГАУ. 2012. №37-1 С.211-214.
- 87) *Карпенко Л.В.* Диагностика экологического состояния растительности болот в условиях аэротехногенного загрязнения // Вестник КрасГАУ . 2014. №5. С.112-115.
- 88) Карта дочетвертичных образований: R-38-40 (о. Колгуев). Государственная геологическая карта Российской Федерации (новая серия). Карта дочетвертичных образований, масштаб: 1:1000000, составлена: ВНИИОкеанология, ЗАО Архангельскгеолразведка, ОАО МАГЭ, ФГУНПП "ПМГРЭ", 2001 г., редактор(ы): Лопатин Б.Г.
- 89) Карта растительности европейской части СССР. М 1: 2 500 000. БИН АН СССР. М.: ГУГК, 1974.
- 90) *Качинский В.Л.* Поведение битуминозных веществ в почвах южнотундровых и среднетаежных ландшафтов: барьеры-экраны и барьеры-концентраторы // Вестник МГУ. Сер. География. 2013. №1. С. 68–75.
- 91) *Качинский В.Л., Завгородняя, Ю.А., Геннадиев, А.Н.* Углеводородное загрязнение арктотундровых почв острова Большой Ляховский (Новосибирские острова) // Почвоведение. 2014. № 2. С. 155–168.
- 92) Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 93) *Ковда В.А., Лобова Е.В., Розанов Б.Г.* Проблема классификации почв мира // Почвоведение. 1967. № 4. С. 3—22.
- 94) *Ковда В.А., Розанов Б.Г. (ред.)* Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высш. школа, 1988. - 400 с.
- 95) *Кожевников Ю. П.* Флористические особенности приенисейской лесотундры //Бот. журн. – 1996. – Т. 81. – №. 2. – С. 68-82.

- 96) *Колосов Д. Ф.* Оценка воздействия на почвы и растительность при нефтегазовом освоении юго-востока Большеземельской тундры // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014. №1. С.13-17.
- 97) Комплексная оценка воздействия всех планируемых работ по разработке Кумжинского и Коровинского месторождений на природные экосистемы ГПЗ “Ненецкий”, заказника “Ненецкий” и в целом р. Печора, Печорской и Коровинской губ. Нарьян-Мар: ВНИГРИ, 2009. 289 с.
- 98) *Конишин В.Д., Кузнецов С.И.* К вопросу о коренном различии между почвами и донными иловыми отложениями // Биология внутренних вод: информ. бюл. 1975. № 26. С. 54—58.
- 99) *Копцева Е. М.* Фитоценотическая роль видов и ее значение в поддержании устойчивости тундровых фитоценозов к механическим воздействиям // Успехи современного естествознания. 2012. №11-1. С.103-106.
- 100) *Корниенко С. Г.* Оценка трансформаций природных ландшафтов Тазовского полуострова по данным космической съемки // География и природные ресурсы. 2011. № 1. С. 67–73.
- 101) *Корниенко С.Г., Якубсон К.И., Масленников В.В.* Изучение трансформаций природных комплексов нефтегазоносных областей криолитозоны по данным космической съемки // Наука и техника в газовой промышленности. 2005. № 3. с.71–77.
- 102) *Королева Н.Е.* Безлесные растительные сообщества побережья Восточного Мурмана (Кольский полуостров, Россия) // Растительность России, 2006, № 9 с. 20-42.
- 103) *Королева Ю. В.* Биоиндикация атмосферных выпадений тяжелых металлов на территории Калининградской области // Вестник БФУ им. И. Канта. 2010. №7 С.39-44.
- 104) *Кравцова В.И., Быстрова А.Г.* Изменение размеров термокарстовых озер в различных районах России за последние 30 лет // Криосфера Земли. 2009. Т. X111, № 2. С. 16-26.
- 105) *Краснов И.И.* Результаты изучения четвертичных отложений Большеземельской тундры и Печорской низменности // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. АН СССР. 1947. № 9. С. 76-79.
- 106) *Кречетов П.П., Дианова Т.М.* Химия почв. Аналитические методы исследования. Учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2009. - 148 с.
- 107) *Куваев В.Б., Шебеко А.М.* Растительный покров у газовых скважин на западном побережье Ямала (окрестности пос. Харасавей) // Вопросы охраны редких видов растений и фитоценозов. М.: ВНИИ природы. 1987 С. 121-131
- 108) *Кулюгина Е.Е.* Заращение площадок буровых скважин в Большеземельской тундре // 3 Междунар. конф. "Освоение Севера и пробл. рекультивации", Санкт-Петербург, 28-31 мая, 1996: Тез. докл.. Сыктывкар. 1996, с. 93-94.

- 109) *Кулюгина Е.Е.* Растительность песчаных обнажений припечорских тундр // Растительность России, 2008 – №12, с. 39-61.
- 110) *Лавриненко И. А., Лавриненко О. В.* Аккумуляция растениями тяжелых металлов в условиях нефтезагрязнения //Сибирский экологический журнал. – 1998. – Т. 5. – №. 4. – С. 299-309.
- 111) *Лавриненко И.А., Лавриненко О.В.* Систематические списки видов флоры и фауны Государственного природного заповедника «Ненецкий» (2001-2006 гг.). СПб: Изд-во СПб. ун-та, 2007 //Тр. ГПЗ «Ненецкий. – 2007. – №. 1. – 55 с.
- 112) *Лавриненко И. А., Лавриненко О. В., Кулюгина Е. Е.* Восстановление растительного покрова на площадках буровых скважин в Большеземельской тундре //Флора антропогенных местообитаний Севера. М.: Ин-т географии РАН. – 1996. – С. 55-75.
- 113) *Лавриненко О.В., Лавриненко И.А.* Симфония полярного лета. Нарьян-Мар, ГНУ «Нарьян-Марская СХОС Россельхозакадемии», 2010. – 336 с.
- 114) *Лавров А.С., Потапенко Л.М.* Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. - М.: Аэрогеология, 2005. - 222 с., 5 прил.
- 115) *Лапина Е. Д., Блоитен В.* Типы нарушений и естественное восстановление растительности олиготрофных болот на нефтяных месторождениях Томской области // Kylovia. Сибирский ботанический журнал. 1999. №1. С.129-140
- 116) *Леонтьева И. В., Ахметзянова Л. Г., Валеева Г. Р.* Информативные показатели фитотоксичности серой лесной почвы в условиях загрязнения нефтью //Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2008. – Т. 150. – №. 4. С. 214-218
- 117) *Лим Т. Е.* Влияние транспортных загрязнений на здоровье человека. Обзор литературы //Экология человека. – 2010. – №. 1.
- 118) *Лисовицкая О.В., Можарова Н.В.* Влияние углеводородного загрязнения на накопление липидов в почвах // Почвоведение. 2013. № 6. С. 755–760.
- 119) *Литвинова А. А., Игнатьева М. Н., Косолапов О. В.* Оценка вреда, причиняемого природным ресурсам при их загрязнении в условиях северных регионов //Леса России и хозяйство в них. – 2011. – С. 60-63.
- 120) *Логинов О.Н.* Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений. Уфа: «Реактив», 2000. – 100 с.
- 121) *Лычагин М.Ю., Касимов Н.С., Курьякова А.Н., Крооненберг С.Б.* Геохимические особенности аквальных ландшафтов дельты Волги// Известия РАН. Серия географическая, 2011, № 1. С. 100-113.
- 122) *Макаревич В.Н.* (отв. исполнитель) Комплексная оценка воздействия всех планируемых работ по разработке Кумжинского и Коровинского месторождений на природные

- экосистемы ГПЗ «Ненецкий», заказника «Ненецкий» и в целом р.Печора, Печорской и Коровинской губ. /СПб, ВНИГРИ, 2009. - 289с.
- 123) *Максимович Н. Г.* Теоретические и прикладные аспекты использования геохимических барьеров для охраны окружающей среды //Инженерная геология. – 2010. – №. 3. – С. 20-28.
- 124) *Маниша А.Е., Шишконокова Е.А.* Трансформация почвенно-растительного покрова южной части Среднеобской низменности в условиях воздействия нефтегазодобывающего комплекса // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». 2005. № 2. с. 60–63.
- 125) *Марфенина О.Е.* Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
- 126) *Масленников В.В., Давиденко Н.М., Корниенко С.Г., Якубсон К.И.* Аэрокосмический мониторинг природной среды полуострова Ямал // Газовая промышленность, Июль, 2003. С. 72–74.
- 127) *Матвеева Н. В.* Гетерогенность растительного покрова в Арктике и подходы к ее типизации //Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская. – 2007. – С. 212-225.
- 128) Материалы к парламентским слушаниям по вопросу «Правовое обеспечение этнологической экспертизы как обязательное условие при освоении северных территорий. М., 2007. Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации.
- 129) Микроэлементы в почвах СССР (подвижные формы микроэлементов в почвах Европейской части СССР). Под. ред. Н.Г. Зырина, Г.Д. Беличиной. М., Изд-во МГУ, 1981. 243 с.
- 130) *Милановский Е.Е.* Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии) — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 448 с.
- 131) *Мильков Ф.Н.* Природные зоны СССР. - М.: Мысль, 1977 – 293 с.
- 132) *Михайлова Т. А. и др.* Влияние аэрозольных полициклических ароматических углеводородов на хвойные деревья в модельных опытах //Журнал " Лесоведение". – 2015. – №. 1. С. 36-43
- 133) *Москаленко Н. Г.* Антропогенная динамика растительного покрова севера Западной Сибири: Автореф.дис. ... докт. биол. наук. М.: МГУ. 1991. 44 с.
- 134) *Москаленко Н. Г.* Растительные сообщества побережий Ямала как объект для изучения биоразнообразия и создания базы данных //Криосфера Земли. – 2006. – Т. 10. – №. 2. – С. 90-95.
- 135) *Московченко Д.В.* Нефтегазодобыча и окружающая среда: монография // Эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1998. 112 с.

- 136) *Московченко Д. В.* Антропогенное воздействие на поверхностные воды Ханты-Мансийского автономного округа // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2004. Вып. 5. С. 122–126.
- 137) *Московченко Д.В.* Геохимия ландшафтов севера Западно-Сибирской равнины: структурно-функциональная структура организации вещества геосистем и проблемы экодиагностики. Автореф. дисс... докт. географ. наук. Санкт-Петербург, 2010. 50 с.
- 138) *Московченко Д. В.* Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал) // Вестник тюменского государственного университета. – 2013. – №. 12. С 57-66.
- 139) *Назаров А. В.* Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения // Вестник Пермского университета. – 2007. – №. 5. – С. 134-141.
- 140) *Назаров А. В., Иларионов С. А.* Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. – №. 1. – С. 60-65.
- 141) *Нестерова А. Н., Гелетюк Н. И.* Исследование влияния автотранспорта на некоторые растения вблизи дорог г // Пушина. - В сб.: Экология малого города. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР. – 1981. – С. 125-130.
- 142) *Новиков С. М.* Изменение условий обитания растений на болотах северных районов Западной Сибири при хозяйственном освоении территории // Материалы всесоюзного совещания "Охрана растительного мира северных регионов" [7-9 сент. 1982 г.: в 2-х т.]. – 1984. – Т. 2. – С. 23-27
- 143) *Новоселов А. П.* Результаты воздействия нефтяного загрязнения на сиговых рыб Печорского бассейна // Актуальные задачи защиты водных биологических ресурсов от негативного воздействия работ по освоению нефтегазовых месторождений. — Москва; Владивосток, 2006. — С. 198—210.
- 144) *Новоселов А. П. и др.* Состояние сиговых рыб Печорского бассейна в условиях многофакторной антропогенной нагрузки // Экология и экономика. – 2012. – №. 4. – С. 26-35.
- 145) *Оборин А.А., Иларионов С.А., Назаров А.В. и др.* Нефтезагрязненные биогеоценозы. Пермь. 2008.
- 146) *Одинцова Т. А.* Разработка технологии идентификации и мониторинга нефтяных загрязнений. Автореф. дисс. канд техн. наук. Пермь, 2010. 24 с.
- 147) *Опекунова М. Г. и др.* Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7: Геология, география. – 2007. – №. 1. – С. 124-127.

- 148) *Осипова Е. С., Петухова Г. А.* Особенности биохимических механизмов защиты у осоки острой при действии нефтяного загрязнения среды // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. №5. С.472.
- 149) *Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л., Огородов С.А., Тарасов Г.А.* Печорское море: прошлое, настоящее, будущее // *Океанология.* 2007. Т. 47. № 6. С. 927-939.
- 150) *Патова Е.Н.* Цианопротектирование «цветение» водоёмов восточноевропейских тундр (флористические и функциональные аспекты)//*Теоретическая и прикладная экология.* 2007. № 3. С. 4-10.
- 151) *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. 3-е изд. М.: Наука, 1999. 763 с.
- 152) *Петров Г.Н.* Некоторые физические процессы самоочищения воды от нефти // *Гидробиологический журнал.* –1978. – Т. 14. – № 4. – С. 52–54.
- 153) Печорское море. Системные исследования. / Под ред. Романкевича Е.А., Лисицина А.П., Виноградова М.Е. - М.: Издательская группа "Море", 2003. - 486 с.
- 154) *Пиковский Ю.И.* Геохимические особенности техногенных потоков в районах нефтедобычи // В кн.: *Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем.* М.: Наука, 1981. С. 134–148.
- 155) *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде // М.: Изд-во МГУ, 1993. — 208 с.
- 156) *Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Краснопеева А.А., Пузанова Т.А.* Природные и техногенные углеводородные геохимические поля в почвах: концепция, типология, индикационное значение // *Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М.А. Глазовской / под ред. Н. С. Касимова, М. И. Герасимовой.* М.: АПР, 2012. С. 236–258.
- 157) *Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Краснопеева А.А., Пузанова Т.А.* Углеводородные геохимические поля в почвах района нефтяного промысла// *Вестн. Моск. ун-та География.* 2009, № 5. С. 28-33.
- 158) *Пиковский Ю. И., Исмаилов Н. М., Дорохова М.Ф.* Нефтегазовая геоэкология – наука XXI века // *Геополитика и экогеодинамика регионов.* 2014. Том 10. № 2. С. 56–62.
- 159) *Пиковский Ю.И., Пузанова Т.А.* Экологические проблемы добычи нефти в России // *ТЭК России,* № 1, 2012, с. 38–41.
- 160) *Полонский В. Ф.* Влияние приливов на перераспределение стока воды в дельте реки Печоры // *Арктика: экология и экономика* №2 (6), 2012 с. 20-27
- 161) *Полынов Б.Б.* Руководящие идеи современного учения об образовании и развитии почв // *Почвоведение.* 1948. № 1. С. 3—13

- 162) *Попов А.И.* Палеогеография плейстоцена Большеземельской тундры // Вестник МГУ. Серия V. География. 1961. № 6. С. 41-47.
- 163) *Прохорова Н. В., Матвеев Н. М.* Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестник СамГУ. – 1996. – 3. – С. – 1996. – С. 125-148.
- 164) Растительность Европейской части СССР. – М.: ОГИЗ, 1980. – 429с.
- 165) *Ребристая О.В., Хитун О.В., Чернядьева И.В.* Техногенное нарушение и естественное восстановление растительности в подзоне северных гипоарктических тундр Ямала // Ботан. журн. 1993. Т. 78. № 3. С. 122-135.
- 166) *Ревич Б.А.* Проблемы прогнозирования, «горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России // под ред. В.М. Захарова. 2007
- 167) *Росликова В.И.* К вопросу о подводном почвообразовании. // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. — Географический факультет МГУ Москва, 2012. — с. 264-265.
- 168) *Русанова Г.В.* Деградация криогенных почв в районах нефтегазоразведочных работ // Почвоведение. 2000. № 2. С. 252–261.
- 169) *Секретарева Н. А.* Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. – М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2004. – 131 с.
- 170) *Середина В. П., Непотребный А. И., Садыков М. Е.* Характер изменения свойств почв нефтезагрязненных экосистем в условиях гумидного почвообразования // Вестник КрасГАУ. 2010. №10 С.49-54.
- 171) *Серышев В.А.* О классификации и номенклатуре подводных почв // Почвоведение. 1986. № 5. С. 27—34
- 172) *Смирнова О.В., Ханина Л.Г., Бобровский М.В., Торопова Н.А., Заугольнова Л.Б.,* Руководство по полевой практике. Методы сбора и первичного анализа геоботанических и демографических данных // Сохранение и восстановление биоразнообразия. Колл. авторов. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. 286 с.
- 173) *Соколов Ю. И.* Арктика: к проблеме накопленного экологического ущерба // Арктика: экология и экономика. – 2013. – №. 2. – С. 10.
- 174) *Соколова О. Я., Стряпков А. В., Антимонов С. В., Соловых С. Ю.* Влияние техногенного воздействия на содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах // Вестник ОГУ. 2006. №2 С.35-42.
- 175) *Солнцева Н.П.* Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
- 176) *Солнцева Н.П., Гусева О.А., Горячкин С.В.* Моделирование процессов миграции нефти и нефтепродуктов в почвах тундры ЕТР // Вестн. МГУ. Сер. Почвоведение. 1996. № 2. С. 10–

- 17.
- 177) *Солнцева Н.П., Садов А.П.* Влияние сточных минерализованных вод на почвы в районе Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (Западная Сибирь) // Почвоведение. № 1997. № 3. С. 322–329.
- 178) *Солнцева Н.П., Садов А.П.* Закономерности миграции нефти и нефтепродуктов в почвах лесотундровых ландшафтов Западной Сибири // Почвоведение. № 1998. № 8. С. 996–1008.
- 179) *Стенина А. С., Патова Е. Н.* Фитопланктон в водоемах дельты р. Печора и прилегающих территорий // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2010. №4 (4)
- 180) *Степаньян О. В., Воскобойников Г. М.* Влияние нефти и нефтепродуктов на морфофункциональные особенности морских макроводорослей // Биология моря. – 2006. – Т. 32. – №. 4.
- 181) Стратиграфия СССР. Триасовая система. Ред. Л.Д. Кипарисова, Г.П. Радченко, В.П. Горский М.: Недра, 1973. – 554 с.
- 182) *Сумина О. И.* Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России // Автореф. дисс.... доктора биологических наук. Санкт-Петербург. – 2011. 46 с.
- 183) *Таргульян В. О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. – М.: Наука, 1971. - 266 с.
- 184) *Таргульян В. О.* Общепланетарная модель экзогенеза и педогенез // Успехи почвоведения: Сов. почвоведы к XIII Междунар. конгр. почвоведов. – 1986. – С. 101-108.
- 185) *Творогов В. А.* Естественное зарастание нарушенных участков тундры в районе Ямбургского газоконденсатного месторождения (п-ов Тазовский) // Ботан, журн. 1988. Т.73. №11. С. 1577-1588.
- 186) *Творогов В. А., Бурмакина Н.В.* К вопросу о восстановлении растительного покрова нарушенных участков тундры // Проблемы апо-миксиса и отдаленной гибридизации. Новосибирск: Наука. 1987.С. 209-213.
- 187) *Телятников М. Ю.* О некоторых особенностях растительного покрова типичных тундр полуострова Ямал // Сиб. биол. журн. – 1993. – №. 1. – С. 42-46.
- 188) *Теплая Г. А.* Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования 2013. №1 (23) С.182-192.
- 189) *Тигеев А. А.* Качество водной среды бассейна р. Тромъеган в районах добычи углеводородного сырья // ВЭЛЛ. 2012. №12. С.137-142.
- 190) *Тишков А.А.* Экологическая реставрация нарушенных экосистем Севера. М. Изд-во УРАО, 1996. 116 с.

- 191) *Токарева О. С., Касьянов И. В.* Оценка динамики состояния растений-биоиндикаторов атмосферного загрязнения на основе данных дистанционного зондирования Земли // Вестник науки Сибири. – 2011. – № 1 (1).
- 192) *Толкачев В. Ф.* Дороги к нефти: история поисков, открытий и разведки месторождений минерального сырья на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Архангельск. Правда Севера, 2000. - 606 с
- 193) *Травникова Л.Г., Рогозина Е.А., Хотянович А.В.* и др. Исследование эмиссии углекислого газа и активность углеводородокисляющих микроорганизмов в нефтезагрязненных почвах различного типа (по данным лабораторного моделирования) // Перспективы развития и освоения топливно-энергетической базы Северо-Западного экономического района РФ. СПб. 2001. С. 219–224.
- 194) *Трофимов С.Я., Прохоров А.Н.* Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти в почвах / Экология производства, 2006, № 10. С. 30-37.
- 195) *Трофимов С.Я., Розанова М.С.* Изменение свойств почв под влиянием нефтяного загрязнения // Дegrаdация и охрана почв. Изд-во МГУ. 2002. С. 359–373.
- 196) *Трофимов С.Я., Фокин А.Д., Дорофеева Е.И., Салпагарова И.А., Кошелева Ю.П., Руденко А.Н.* Влияние нефтяного загрязнения на свойства чернозема выщелоченного в условиях модельного эксперимента // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. 2008. № 1. С. 34–38.
- 197) *Трофимов С.Я., Фокин А.Д., Купряшкин А.А., Дорофеева Е.И.* Миграция нефти и ее компонентов по профилю торфяной верховой почвы в условиях модельного эксперимента // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. 2008. № 1. С. 25–28.
- 198) *Украинцева Е.А., Коробова Е.М., Сурков В.В., Седых Э.М., Данилова Т.В.* Исследования морского влияния и распределения загрязняющих веществ в экосистемах дельты р.Печора // Тезисы докладов международного совещания по итогам МПГ, Сочи: 2009. – С.83-84
- 199) *Уткин В.В.* Экологическая ситуация в зонах техногенных нарушений оленьих пастбищ Южно-Хыльчующей и Хыльчующей геологической площадей // III Ненецкая науч.-практич. конф. по использованию и охране природных ресурсов. Нарьян-Мар. 1989. С. 9–11.
- 200) *Уткин В.В.* Восстановление тундровых пастбищ на промплощадках буровых: Инф. листок № 63–90. Архангельск, 1990. 5 с.
- 201) Физико-географическое районирование СССР. Под. Ред. Гвоздецкого Н. А. М.: МГУ, 1968. - 576с.
- 202) Флора северо-востока европейской части СССР / Под ред. А. И. Толмачева Т. 1-4. - Л. Наука. Ленингр. отд-ние 1974-1977.

- 203) *Фокина Л.М.* Формирование природно-техногенных систем нефтегазовых комплексов. Комплексный мониторинг и оптимальные технологии минимизации экологического ущерба. Автореф. дис...докт. геол.-минер. наук. Тюмень, 2007. 38 с
- 204) *Холод С. С.* Роль снежного покрова в дифференциации растительности южной части острова Врангеля. Ценотический уровень //Ботанический журнал. – 1993. – Т. 78. – №. 1. – С. 45-58.
- 205) *Хомутов А. В., Хитун О. В.* К вопросу о динамике растительного покрова и глубины сезонного протаивания в подзоне типичных тундр центрального ямала при техногенном воздействии //Динамика современных экосистем в голоцене: Материалы Третьей Всероссийской научной конференции (с международным участием)/[отв. ред. ИВ Аськеев, ДВ Иванов]. Казань: Издательство " Отечество", 2013. 364 с.
- 206) *Хотеев В. В.* Формирование растительности на нефтезагрязненных территориях различных почвенноклиматических зон Тюменской области: автореф. дис. – Тюмень, 2003. 22 с.
- 207) *Цибарт А.С., Геннадиев А.Н.* Полициклические ароматические углеводороды в почвах: источники, поведение, индикационное значение (обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 788–802.
- 208) *Чижов Б. Е.* Рекультивация нефтезагрязненных земель Ханты-Мансийского автономного округа (практические рекомендации) //Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета. – 2000.
- 209) *Шамраев А. В., Шорина Т. С.* Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды //Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – №. 6. С 642 - 645
- 210) *Шарикалов А. Г., Якутин М. В.* Использование методики автоматизированного дешифрирования при анализе состояния экосистем в таежной зоне Западной Сибири // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2013. №2. С.71-76.
- 211) *Шахин Д. А., Куваев В. Б.* О возможности использования показателей обилия и проективного покрытия для оценки динамики видов в ботаническом мониторинге // Круглovia. Сибирский ботанический журнал. 2001. №2. С.3-6.
- 212) *Шепелева Л. Ф., Тарусина Е. А., Шепелев А. И., Фролов В. Н.* Восстановление растительного покрова нефтезагрязненных земель Среднего Приобья после рекультивации // Вестн. Том. гос. ун-та. 2007. №299. С.222-227.
- 213) *Шерстюков А.Б.* Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2009. –127 с.

- 214) *Шилова И. И.* Влияние загрязнения нефтью на формирование растительности в условиях техногенных песков нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья / И. И. Шилова // Растения и промышленная среда. — Свердловск. [УрГУ], 1978. — [Вып. 5]. — С. 44-52.
- 215) *Шиманский В.К., Зырнер Ю.И., Макарова И.П. и др.* Оценка экологического состояния окружающей среды территории Коровинского и Восточно-Коровинского месторождений, включая территорию причала./ — СПб.: ВНИГРИ, 2004. — 308 с.
- 216) *Штина, Э.А.* Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботанический журнал. — 1990. — Т.75. — №4. —С. 441-452.
- 217) Экологический сайт Архангельской области/ Качество вод на территории Архангельской области в 2002 году // Интернет ресурс <http://www.arkheco.ru/env/water/?227>
- 218) Экологическое состояние территории России М.: АСАДЕМА, 2001, 122 с.
- 219) *Эктова С. Н., Ермохина К. В.* Растительность песчаных обнажений северных субарктических тундр центрального Ямала //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14. — №. 1-5. — с. 1412-1415.
- 220) *Юшкин Н.П.* Трагедия Кумжи и укрощение нефтегазовых катастроф //Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2010 №6, с. 2-5.
- 221) *Яблонских Л.А.* Особенности состава органического вещества аллювиальных болотных почв \\ ВЕСТНИК ВГУ. Серия химия, биология. 2001. № 2. с. 178 – 181
- 222) *Яковлева Е. В., Габов Д. Н.* Полициклические ароматические углеводороды в растениях южной кустарниковой тундры // Экология и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. 2012 – С. 265 – 268.
- 223) *Armstrong S. A.* Bioaccessibility of polycyclic aromatic hydrocarbons dependence on ingested plant species. — 2012. 121 p.
- 224) *Asner G. P., Hicke J. A., Lobell D. B.* Per-pixel analysis of forest structure //Remote sensing of forest environments. — Springer US, 2003. — С. 209-254.
- 225) *Collins, C. M., Racine, C. H., & Walsh, M. E.* Fate and effects of crude oil spilled on subarctic permafrost terrain in Interior Alaska: fifteen years later. Cold regions research and engineering lab. Hanover NH. 1993. No. CRREL-93-13
- 226) *Connell D. W., Miller G. J., Farrington J. W.* Petroleum hydrocarbons in aquatic ecosystems— behavior and effects of sublethal concentrations: Part 1* //Critical Reviews in Environmental Science and Technology. — 1980. — Т. 11. — №. 1. — С. 37-104.
- 227) *Cowardin L.M.* Wetlands and deepwater habitats: A new classification // J. Soil Water Conservation. 1982. N 2. P. 83—85.
- 228) *Del'Arco, J. P., & De Franca, F. P.* Influence of oil contamination levels on hydrocarbon biodegradation in sandy sediment. // Environmental pollution. 2001. V. 112, №. 3. p. 515–519.

- 229) *Ekonomiuk A., Malawska M., Wilkomirski B.* Peatland plants as bioindicators of air contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). 2003 – 5 c.
- 230) *Emers M., Jorgenson J. C., Reynolds M. K.* Response of arctic tundra plant communities to winter vehicle disturbance //Canadian Journal of Botany. – 1995. – T. 73. – №. 6. – C. 905-917.
- 231) *Forbes B. C.* Tundra disturbance studies, I: long-term effects of vehicles on species richness and biomass //Environmental Conservation. – 1992. – T. 19. – №. 01. – C. 48-58.
- 232) *Forbes B. C., Ebersole J. J., Strandberg B.* Anthropogenic disturbance and patch dynamics in circumpolar arctic ecosystems //Conservation Biology. – 2001. – T. 15. – №. 4. – C. 954-969.
- 233) *Forbes B. C., Jefferies R. L.* Revegetation of disturbed arctic sites: constraints and applications //Biological Conservation. – 1999. – T. 88. – №. 1. – C. 15-24.
- 234) *Guitttonny-Philippe A. et al.* Biomonitoring of *Epilobium hirsutum* L. Health Status to Assess Water Ecotoxicity in Constructed Wetlands Treating Mixtures of Contaminants //Water. – 2015. – T. 7. – №. 2. – C. 697-715.
- 235) *Gundlach E. R., Hayes M. O.* Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. // Marine technology society journal. 1978. V. 12. №. 4. p. 18–27
- 236) *Hernandez H.* Natural plant recolonization of surficial disturbances, Tuktoyaktuk Peninsula region, Northwest Territories //Canadian Journal of Botany. – 1973. – T. 51. – №. 11. – C. 2177-2196.
- 237) *Hopkins D., Wall K., Wilson C.* Measured Concentrations of Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Plants, Berries and Soil Located in the Oil Sands Region North of Fort McMurray, Alberta. – 2014. 134 p.
- 238) <http://pronedra.ru/oil/2014/01/06/2013-dobycha-rf/>
- 239) <http://www.aari.nw.ru/dept/science/hydrology/Hydro.htm>
- 240) IUSS Working Group (2006) World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome
- 241) *Johnstone, J. F., & Kokelj, S. V.* Environmental conditions and vegetation recovery at abandoned drilling mud sumps in the Mackenzie Delta region, Northwest Territories, Canada. // Arctic, 2008. V. 61. №. 2. p. 199–211.
- 242) *Jorgenson M. T. et al.* Long-term evaluation of methods for rehabilitation of lands disturbed by industrial development in the Arctic //Social and environmental impacts in the North: Methods in evaluation of socio-economic and environmental consequences of mining and energy production in the Arctic and Sub-Arctic. – Springer Netherlands, 2003. – C. 173-190.
- 243) *Kershaw G.P., Kershaw L.J.* Ecological characteristics of 35-year-old crude-oil spills in tundra plant communities of the Mackenzie Mountains, N.W.T. // Canadian Journal of Botany. 1986. № 64(12). p. 2935–2947.

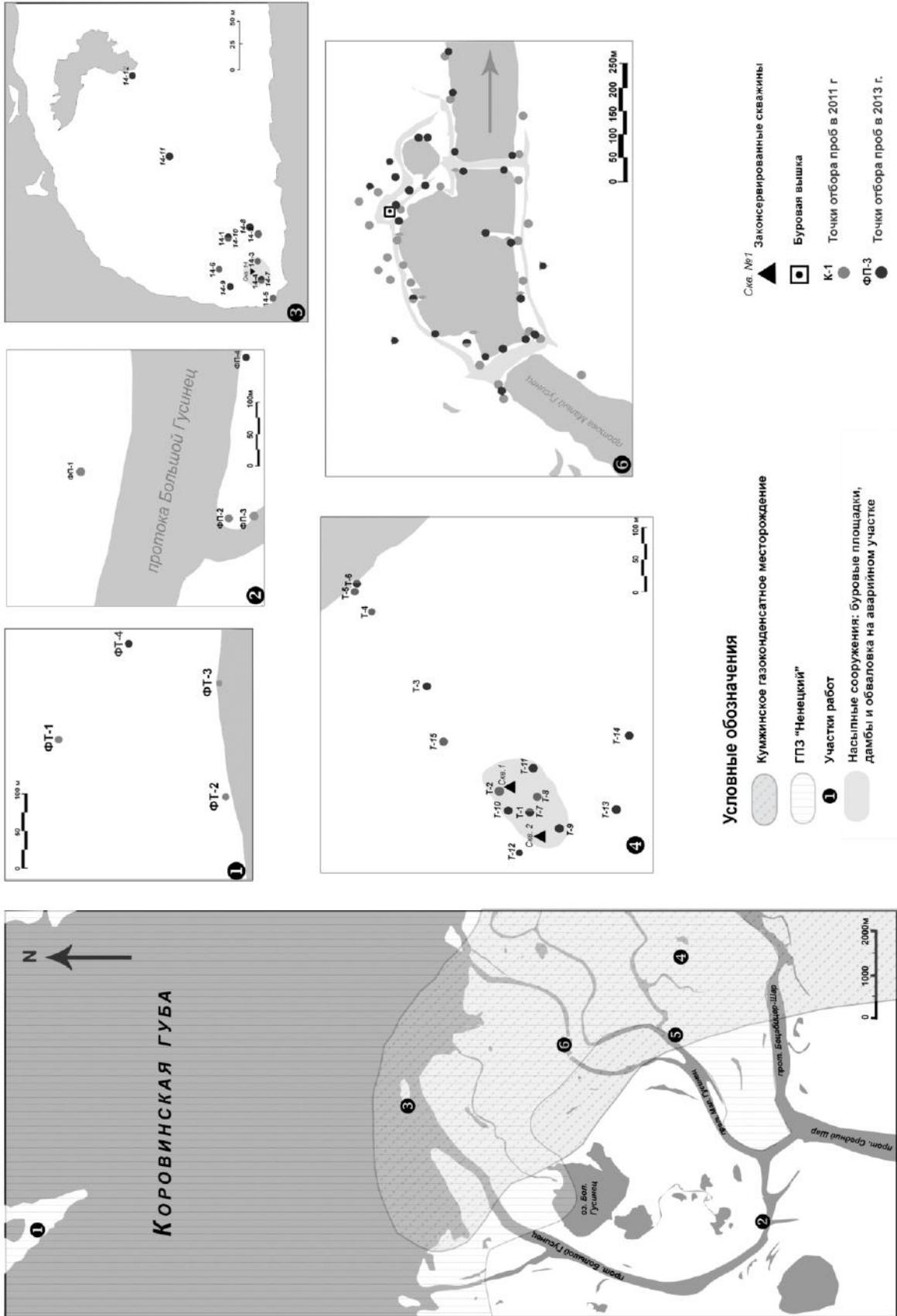
- 244) *Kingston P. F.* Long-term environmental impact of oil spills //Spill Science & Technology Bulletin. – 2002. – Т. 7. – №. 1. – С. 53-61.
- 245) *Kumpula, T., Forbes, B. C., Stammler, F.* Remote sensing and local knowledge of hydrocarbon exploitation: the case of Bovanenkovo, Yamal Peninsula, West Siberia, Russia. // Arctic. 2010. V. 63. №. 2. p. 165–178.
- 246) *Levitani M.A., Kuptsov V.M., Romankevich E.A., Kondratenko A. V.* Some indication for late Quaternary Pechora River discharge: results of vibrocore studies in the southeastern Pechora Sea // Int. J. Earth Sci. 2000, 89. P. 533-540.
- 247) *McKendrick J. D.* Plant succession on disturbed sites, North Slope, Alaska, USA //Arctic and Alpine Research. – 1987. – С. 554-565.
- 248) *Mohn, W., Radziminski, C., Fortin, M. C., Reimer, K.* On site bioremediation of hydrocarbon-contaminated Arctic tundra soils in inoculated biopiles. // Applied Microbiology and Biotechnology. 2001. V. 57, №. 1-2, p. 242–247.
- 249) *Mollard F. P. O. et al.* Growth of the dominant macrophyte *Carex aquatilis* is inhibited in oil sands affected wetlands in Northern Alberta, Canada //Ecological Engineering. – 2012. – Т. 38. – №. 1. – С. 11-19.
- 250) *Muir D. C. G. et al.* Arctic marine ecosystem contamination //Science of the Total Environment. – 1992. – Т. 122. – №. 1. – С. 75-134.
- 251) NDVI - теория и практика. Теоретические основы использования индекса NDVI. <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
- 252) *Nelson F. E., Anisimov O. A.* Permafrost zonation in Russia under anthropogenic climatic change //Permafrost and Periglacial Processes. – 1993. – Т. 4. – №. 2. – С. 137-148.
- 253) *Payne, J. R., McNabb, G. D.* Oil-weathering behavior in Arctic environments. // Polar research. 1991. V. 10. №. 2. p. 631–662.
- 254) *Persson B. R. R., Holm E., Lidén K.* Radiolead (210 Pb) and stable lead in the lichen *Cladonia alpestris* //Oikos. – 1974. – С. 140-147.
- 255) *Peterson, C. H., Rice, S. D., Short, J. W., Esler, D., Bodkin, J. L., Ballachey, B. E., Irons, D. B.* Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. // Science. 2003. V. 302. №. 5653. p. 2082–2086.
- 256) *Popp N., Schlömann M., Mau M.* Bacterial diversity in the active stage of a bioremediation system for mineral oil hydrocarbon-contaminated soils //Microbiology. – 2006. – Т. 152. – №. 11. – С. 3291-3304.
- 257) *Reddy C.M. et al.* The West Falmouth Oil Spill after Thirty Years: The Persistence of Petroleum Hydrocarbons in Marsh Sediments. // Environ. Sci. Technol. 2002. V. 36, № 22. P. 4754–4760.

- 258) *Rybina T. A., Bazanov, V. A., Savichev, O. G., Skugarev, A. A., Berezin, A. E., & Sechenov, V. A.* Investigation of upper oligotrophic mires in the middle Ob basin (West Siberia) //International Journal of Environmental Studies. – 2015. – №. 72 Iss. 3 – C. 1-7.
- 259) *Si-Zhong Y. et al.* Bioremediation of oil spills in cold environments: a review //Pedosphere. – 2009. – T. 19. – №. 3. – C. 371-381.
- 260) *Stenina A. S., Khokhlova L.G., Patova E.N., Lytkina Z.A.* Environmental Condition of Water Bodies in the Territory of an Oil–Gas Condensate Field (the Pechora Delta) //Water Resources. – 2004. – T. 31. – №. 5. – C. 545-552.
- 261) *Taskaev A. et al.* Actual state of the Pechora basin ecosystems: biological richness of an undisturbed river flow //Dealing with nature in Deltas: proceedings of Wetland Management Symposium. Lelystad, the Netherlands. – 1998. – C. 81-91.
- 262) *Trefry J. H. et al.* Trace metals in sediments near offshore oil exploration and production sites in the Alaskan Arctic //Environmental Geology. – 2003. – T. 45. – №. 2. – C. 149-160.
- 263) United States Geological Survey (USGS) <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- 264) *Veil J. A. et al.* A white paper describing produced water from production of crude oil, natural gas, and coal bed methane // Argonne National Laboratory, Technical Report. 2004. 87 p.
- 265) *Veil J. A. et al.* A white paper describing produced water from production of crude oil, natural gas, and coal bed methane // Argonne National Laboratory, Technical Report. 2004. 87 p.
- 266) *Vilchek G. E., Tishkov A. A.* Usinsk oil spill: environmental catastrophe or routine event //Disturbance and recovery in Arctic lands. Dordrecht: Kluwer. – 1997. – C. 411-420.
- 267) *Walker D. A. et al.* Effects of crude and diesel oil spills on plant communities at Prudhoe Bay, Alaska, and the derivation of oil spill sensitivity maps //Arctic. – 1978. – C. 242-259.
- 268) *Walker D. A. et al.* Cumulative Impacts of Oil Fields on Northern Alaskan Landscapes //Science. – 1987. – T. 238. – C. 757-761.
- 269) *Walker D. A. et al.* Vegetation-soil-thaw-depth relationships along a low-arctic bioclimate gradient, Alaska: Synthesis of information from the ATLAS studies //Permafrost and Periglacial Processes. – 2003. – T. 14. – №. 2. – C. 103-123.
- 270) *Walker T. R., Crittenden, P. D., Dauvalter, V. A., Jones, V., Kuhry, P., Loskutova, O., Young, S. D.* Multiple indicators of human impacts on the environment in the Pechora Basin, north-eastern European Russia //Ecological indicators. – 2009. – T. 9. – №. 4. – C. 765-779.
- 271) *Wein R. W., Bliss L. C.* Experimental crude oil spills on arctic plant communities //Journal of Applied Ecology. – 1973. – C. 671-682.
- 272) *Williams, P. J.:* Permafrost and climate change: geotechnical implications, 1995, Philosophical Transactions of the Royal Society of London A352, 347–358.

- 273) *Yakovleva E. V. et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and lower-layer plants of the southern shrub tundra under technogenic conditions //Eurasian soil science. – 2014. – T. 47. – №. 6. – С. 562-572.
- 274) *Yunker M. B. et al.* Terrestrial and marine biomarkers in a seasonally ice-covered Arctic estuary—integration of multivariate and biomarker approaches //Marine chemistry. – 1995. – T. 49. – №. 1. – С. 1-50.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Карта фактического материала



ПРИЛОЖЕНИЕ 2.
Фоновые концентрации УВ-содержащих соединений (в т. ч. нефтяных УВ)
(согласно Проекту нормативов ДОСНП на территории НАО):
(А) в почвах и грунтах

Литологический тип почв	Концентрация, мг/кг					
	УВ-содержащих соединений (СС14-битумоид)			Нефтяные УВ (в т. ч. нефтепродукты НП)		
	среднее/пределы изменения	Медиана	Мода	среднее/пределы изменения	медиана	мода
Пески	$\frac{56}{21 - 235}$	42	24	$\frac{23}{1,0 - 66}$	18	18
Алевриты	$\frac{252}{36 - 3120}$	129	132	$\frac{116}{18 - 1500}$	57	60
Глины	$\frac{869}{40 - 2040}$	532	456	$\frac{333}{21 - 810}$	217	120
Почвенно-растительный слой	$\frac{1451}{39 - 7200}$	900	900	$\frac{376}{18 - 1650}$	165	36
Торф	$\frac{4267}{510 - 11280}$	4380	2880	$\frac{1180}{120 - 2880}$	975	1200

(Б) в донных отложениях водных объектов

Литологический тип осадков	Содержание, мг/кг					
	УВ-содержащие соединения (СС14-битумоид)			Нефтяные УВ (в т. ч. нефтепродукты НП)		
	среднее/пределы изменения	медиана	мода	среднее/пределы изменения	медиана	Мода
Пески	$\frac{56}{21 - 226}$	48	39	$\frac{22}{1 - 75}$	21	15
Алевриты	$\frac{153}{39 - 450}$	102	72	$\frac{64}{18 - 195}$	42	18
Глины	$\frac{690}{102 - 4560}$	180	312	$\frac{171}{42 - 840}$	90	42

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Схема изученности сейсмобурением и геологической разведкой Кумжинского участка недр (по Комплексная оценка...2004)

