

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)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Институте географии РАН

- Научный руководитель – Вайсфельд Михаил Арнольдович**
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
- Научный консультант – Замотаев Игорь Викторович**
доктор географических наук, ведущий научный сотрудник
- Официальные оппоненты – Пиковский Юрий Иосифович**
доктор географических наук, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
- Шишконокова Екатерина Анатольевна**
кандидат географических наук, старший научный сотрудник в отделе генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв почвенного института им. В.В. Докучаева
- Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН**

Защита диссертации состоится _____ в _____ на заседании
диссертационного совета Д 002.046.01 при Институте географии РАН по адресу:
119017, г. Москва, Старомонетный переулок, 29.
телефон: +7 495 959-00-32, e-mail: direct@igras.ru
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на интернет-сайте Института
географии РАН: <http://www.igras.ru/defences>
Автореферат разослан « _____ » _____

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат географических наук

Л.С. Мокрушина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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.

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.

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.

Информационно-эмпирической базой исследования послужили фондовые материалы государственного природного заповедника «Ненецкий», в том числе о состоянии природных вод и донных отложений в 2002-2012 годах, а также материалы флористических и геоботанических исследований на территории заповедника. Оригинальные данные о морфологии почв, структуре почвенно-растительного покрова, химических свойствах почв и донных отложений, а также динамике изменения растительного покрова получены автором совместно с К.В. Кочи и В. А. Михайловой при

проведении полевых работ в 2011-2013 годах на территории ГПЗ «Ненецкий» и последующей лабораторной и камеральной обработке материалов.

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: поверхностно-аккумулятивный, поверхностно-срединно-аккумулятивный и грунтово-аккумулятивный. Латеральная дифференциация НП в экосистемах на аварийном и безаварийном участках определяется катенарным (геоморфологическим) их положением, расстоянием от техногенных источников, а также их рекультивацией.

3. 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.

4. 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. Уровень загрязнения донных отложений и почв в некоторых случаях существенно (до 25 раз) превышает фоновые концентрации.

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 работы. Диссертация состоит из 6 глав, введения, заключения (общий объем 163 страниц), списка литературы (274 наименований, из них 52 на иностранных языках), а также трех приложений.

Благодарности. Автор выражает огромную признательность Вайсфельду М.А., Замотаеву И.В., Морозовой О.В., Тишкову А.А., Гольевой А.А., Дороховой М.Ф., Кочи К.В., Михайловой В.А. и Глотову А.С., а также коллективу лаборатории биогеографии и отделу географии и эволюции почв Института географии РАН за содействие в проведении полевых исследований, анализе и синтезе материалов и за ценные советы при подготовке диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Химическое загрязнение и трансформация почвенно-растительного покрова в районах добычи углеводородного сырья (обзор литературы)

На всех этапах от разведки до ликвидации скважин промысел углеводородного сырья сопровождается химическим загрязнением и механическим воздействием на почвенно-растительный покров (Пиковский, 1993; Московченко, 1998; Солнцева, 1998; Forbes, 2001 и др.). При нефтяном загрязнении существенно изменяются морфологические характеристики почвы. Низкая водопроницаемость и водоемкость, снижение гигроскопической влаги в почвенном профиле и недостаточная его аэрация приводят к гибели растительного покрова (Логинов, 2000).

Неодинаковая нефтеемкость отдельных горизонтов почв с разными гумусированностью и гранулометрическим составом определяет контрастность внутрипочвенного распределения нефтепродуктов (Солнцева, 1998; Травникова и др. 2001; Collins, 1993 и др.). В органогенных горизонтах почв холодных гумидных ландшафтов происходит аккумуляция более тяжелых высокомолекулярных компонентов нефти, содержащих смолисто-асфальтеновые вещества и циклические соединения

(Пиковский, 1993; Солнцева, Садов, 1998; Геннадиев, 2009; Аветов, Шишконокова, 2011 и др.). При разливах нефти и сточных вод формируются различные по химизму углеводородного загрязнения хемоземы и техногенные солончаки (Солнцева, 1981, 1998; Русанова, 2000; Аветов, Шишконокова, 2011).

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

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). В результате поступления ПАУ отмечаются гибель растений и ухудшение фотосинтеза, сходный эффект оказывают и ряд тяжелых металлов. Механическое воздействие приводит к формированию вторичных фитоценозов, которые характеризуются меньшим видовым разнообразием по сравнению с фоновыми. В подобных сообществах снижается доля мхов и лишайников, являющихся эдификаторами тундровых фитоценозов. Биологическая рекультивация в районах нефтедобычи на Крайнем Севере требует новых методов, одним из которых является использование местных видов растений (Арчегова, 1992; 1998; Арчегова, Лиханова, 2012).

Глава 2. Объекты и методы исследования

Район исследований находится на северо-востоке Русской равнины, в дельте реки Печоры. Объектами были выбраны компоненты экосистем дельтовой области реки, как подвергшиеся техногенному воздействию промысла углеводородов, так и находящиеся в условно фоновых условиях за границами лицензионного участка Кумжинского газоконденсатного месторождения (рис.1). 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 компонентов, и тундровый, представленный зональными ландшафтами. Они различаются по составу материнских пород и формирующихся на них почвах и растительности.

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 осоки водной (8 проб).

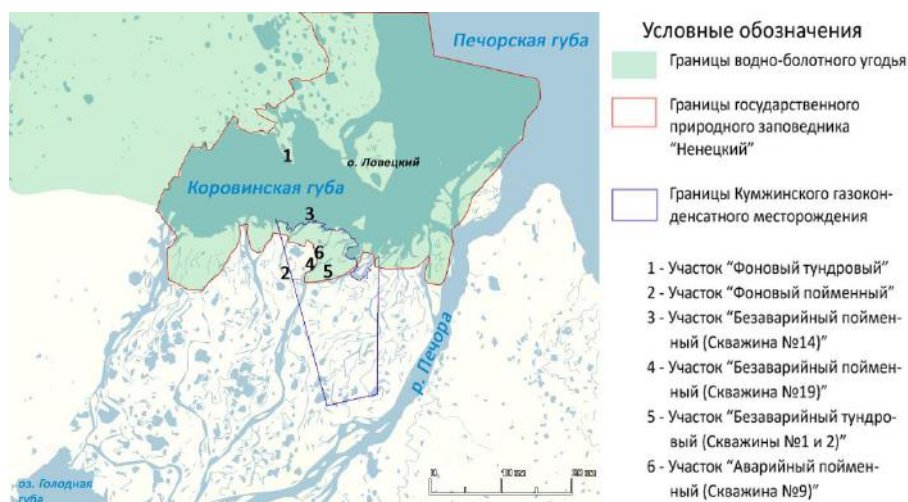


Рис. 1. Географическое расположение района работ.

На лабораторном этапе были определены содержание водорастворимых солей и щелочно-кислотные параметры для 126 образцов почв и 21 – донных отложений, остаточное содержание нефтепродуктов по методике выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв на анализаторе жидкости «Флюорат-02» ПНД Ф 16.1.21-98. (118 и 12 проб соответственно), содержание гумуса (По Тюрину (60 проб), содержание Ni, Pb, Mn, Zn, Cu, Co методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (43 и 8 проб соответственно), выполнен анализ качественного состава солей (12 и 3 проб соответственно). Также в 2013 г. проводился анализ содержания Ni, Pb, Mn, Zn, Cu, Co в 8 пробах осоки *Carex aquatilis*.

Для оценки изменений растительного покрова со временем использовались данные дистанционного зондирования Земли, а именно снимки Landsat 5, 7 и 8, выполнялись подсчет нормализованного относительного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI), показывающего количество фотосинтетически активной биомассы, и классификация объектов (открытый грунт, водные объекты, несколько типов фитоценозов).

Глава 3. Условия миграции и аккумуляции загрязняющих веществ. Источники техногенных нарушений.

Территория исследований принадлежит к Малоземельской-Большеземельской провинции зоны тундры и лесотундры Русской равнины. Отличительными чертами географического положения данной территории является её нахождение за Полярным кругом в дельте крупной реки, на южной границе тундровой зоны и островного распространения многолетнемерзлых пород.

Река Печора имеет смешанное питание с преобладанием снегового (до 75%), для нее характерно длительное весенне-летнее половодье, во время которого среднемесячный расход воды может составлять до 12000 м³/с. Средняя годовая температура воздуха по всей территории отрицательная: -3 °С – -6 °С. Сумма средних суточных температур воздуха выше 0 °С составляет от 7520 (Ходовариха) до 11420 °С (Нарьян-Мар). Атмосферные осадки также распределены неравномерно. Их среднее количество в год составляет 450-500 мм. Из них только 30-40% приходится на зимний период.

По почвенно-географическому районированию территория относится к Канинско-Печорской провинции тундровоглеевых, болотно-тундровых и болотно-мерзлотных почв. Процесс почвообразования протекает под влиянием таких факторов, как распространение вечной мерзлоты, которая служит водупором, малое поступление тепла, короткая продолжительность периода с положительными среднемесячными температурами, внутрипочвенное переувлажнение. Существенные площади в пределах Кумжинского месторождения занимают аллювиальные почвы.

Кумжинское месторождение входит в Тимано-Печорскую нефтегазоносную провинцию. В 1974 году Кумжинская площадь была введена в глубокое поисковое бурение. Всего в пределах Кумжинского месторождения пробурено 28 скважин: 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. В 1981 году в процессе бурения скважины № 9 произошла авария с дебитом около 2 млн. м³/сут. Вследствие насыщения газоконденсатом вышележащих пластов, с обрушением четвертичных пород, образовалось два грифона, в 180 м восточнее и в 120 м западнее скважины. Участок протоки Малый Гусинец был отделен дамбой, но поступления углеводородов в Печорскую губу избежать не удалось. Локализовать аварию удалось только в 1987 году, в тот же период все работы были приостановлены, а месторождение законсервировано. С 1997 года исследуемая территория входит в состав Государственного природного заповедника «Ненецкий», сотрудниками которого осуществляется мониторинг состояния экосистем после аварии. В настоящее время безаварийные скважины и аварийный участок являются источниками поступления НП в природную среду. По состоянию на 2000 год объем газа из кратеров аварийных скважин 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 (Глотов, 2005).

В настоящее время на аварийном участке создано водохранилище, дамба и обваловка вокруг которого регулярно подновляются. Территория, окружающая безаварийные скважины, была рекультивирована, однако работы были проведены не в полном объеме. Особенность объекта – характер техногенных нарушений, откуда ведется отсчет соответствующих изменений. В частности, результатом трансформации рельефа явилось образование техногенной аквальной экосистемы и поныне находящейся под техногенным влиянием.

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).

Понижения и плохо дренируемые элементы рельефа в пойме Печоры занимают аллювиальные почвы нескольких подтипов, формирующиеся на породах тяжелого гранулометрического состава: аллювиальные торфяно-глеевые, аллювиальные торфяные, а также аллювиальные гумусовые глееватые (Классификация почв, 2004; Комплексная оценка..., 2009). На речных террасах и поверхностях водоразделов, сложенных породами легкого гранулометрического состава, распространены подзолы и подбуры с признаками оглеения в маломощных надмерзлотных горизонтах. Данные почвы занимают существенно меньшие площади в пределах месторождения, чем аллювиальные. Для естественных почв характерны сильноокислая и кислая реакция среды, крайне низкое содержание водорастворимых солей (табл. 1). Уровень фонового варьирования содержания углеводов в пределах дельты р. Печоры зависит от генетического типа почв. Минимальные содержания обнаруживаются в подзолах и составляют менее 10 мг/кг почвы (табл. 1). Наиболее высокое фоновое содержание УВ (до 76 мг/кг) характерно для торфяных субстратов – собственно торфяных почв и торфяных горизонтов тундровых почв, что не превышает средний региональный фон (376 мг/кг). Такое распределение содержаний УВ определяется различием сорбционных характеристик отдельных почвенных горизонтов.

Таблица 1

Физико-химические свойства фоновых почв

Почва	Горизонт	Глубина, см	рН	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

Техногенно-изменённые почвы представляют собой природные почвы с механическими нарушениями и химическими трансформациями (сдирание, пересыпка, перекрытые техногенным и/или природным материалом, загрязнение нефтепродуктами и т.д.). Среди ТПО выделяются *литостраты* (насыпные минеральные грунты), *органолитостраты* (смеси органического и минерального материала) и *техноземы* – почвоподобные тела, состоящие из насыпных слоев, в т. ч. гумусового горизонта (Етеревская, 1989). Наибольшую площадь эти образования занимают на аварийном участке вблизи скважин. ТПО, механически-нарушенные и химически-преобразованные почвы характеризуются яркими чертами морфологии профиля (турбированность, чередование слоёв, ожелезненность, восстановленность, оглеенность, черные, темно-коричневые тона окраски и др.) (рис. 2).

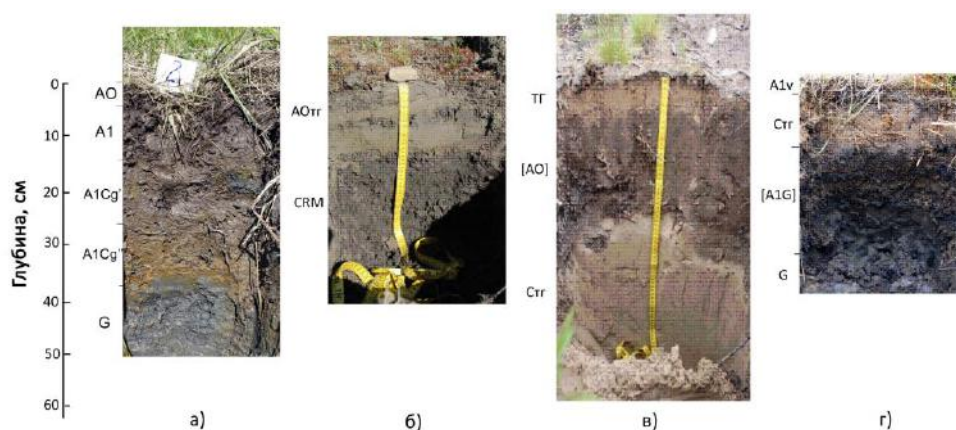


Рис. 2. Морфологическое строение профилей техногенно-измененных почв и техногенных поверхностных образований, а) аллювиальная гумусовая глеевая химически загрязненная, р. 14-2; б) технокриометаморфическая грубогумусовая, р. 2-13; в) погребенный под техногенным наносом органолитострат, р. 6-13; г) грубогумусовая глеевая на техногенном субстрате, р. К-13.

Трансформация химических свойств загрязненных почв. Щелочно-кислотные условия в разных типах почв и на разных участках исследуемой территории месторождения сильно варьируют. Значения рН меняются от 4,7 (кислые) до 8,2 (щелочные). При этом в трансформированных и загрязненных почвах наблюдается подщелачивание. Отмечаются как относительно незначительные сдвиги рН (на 0,5-1,5 единицы), так и глубокие преобразования, когда значения изменяются на 3-4 единицы. Подщелачивание (рН = 7.4 – 8.2) особенно ярко выражено в поверхностных горизонтах почв вблизи основных источников загрязнения (грифонов на месте скважин) на левом берегу в пределах обваловки (рис.3).

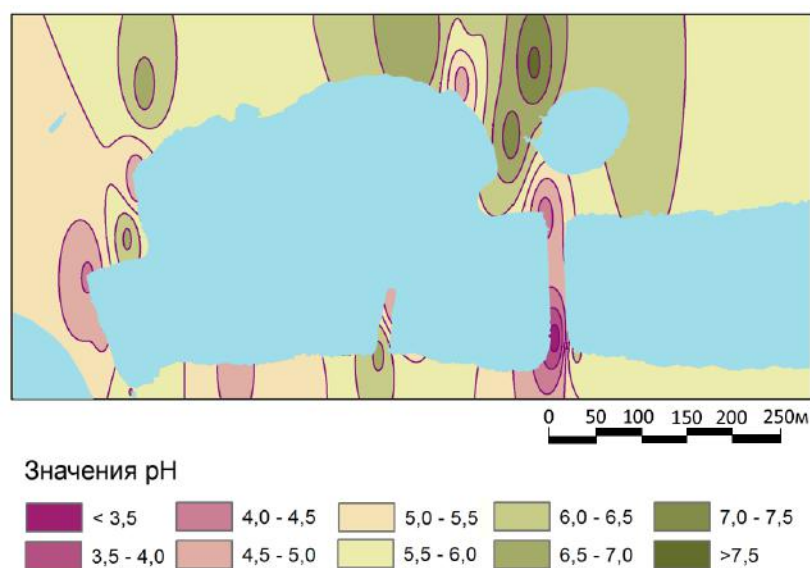


Рис. 3. Щелочно-кислотные условия в верхних 20 см почв аварийного участка (по данным 2013 года).

Отличается и характер распределения щелочно-кислотных условий по профилю почв и ТПО. Так, например, 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).

Засоления техногенно-измененных почв и ТПО не отмечено, что подтверждается анализами водной вытяжки (до 0,25%). В то же время следует отметить, что содержание солей в химически-нарушенных почвах остается в 1,5 – 26 раз выше, чем в фоновых. Солевой состав загрязненных почв (табл. 2) свидетельствует о доминировании катионов кальция и магния и низком содержании катиона натрия. Такой состав водных вытяжек

почв типичен и для природных вод на территории Ненецкого заповедника и пластовых вод месторождения. Достаточно высокое содержание Mg^{2+} связано, по-видимому, с нагонными явлениями в дельте Печоры, вызванными течениями, образующимися под действием ветра (Павлидис, 2007). Среди анионов преобладают гидрокарбонаты и сульфаты (табл. 2). Источник сульфатов в почвах - сера, содержащаяся в газоконденсате Кумжинского месторождения. Концентрация иона хлора, несмотря на его высокое содержание в пластовых водах, не превышает 15 мг/100 г почвы.

Таблица 2

Содержание водорастворимых солей в почвах и ТПО

Почва, горизонт	Содержание водорастворимых солей, мг/100 г почвы						
	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
ТПО (аварийный участок), АО	28,2	6,1	30,0	92,0	762,5	10,7	489,6
Грубогумусовая оглеенная (аварийный участок), АО	9,8	3,4	36,7	4,0	305,0	8,9	441,6
Грубогумусовая ожелезненная (безаварийный пойменный участок), АО	3,0	3,8	46,7	10,0	915,0	7,1	422,4
Аллювиальная перегнойно-глеевая (фон), АО	6,7	2,2	81,0	47,0	324,0	8,0	427,4

Наличие в составе техногенных потоков нефтепродуктов определяет поступление дополнительного количества органического углерода (ОУ) и повышение его содержания в почвенной массе (табл. 3).

Таблица 3

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

В зависимости от свойств почв, наличия погребенных горизонтов и характеристик горизонтов деятельного слоя (главным образом от степени оглеения и аэрации) выделяются следующие основные типы радиального распределения органического углерода и нефтепродуктов: 1) преобладающий - *поверхностно-аккумулятивный* тип дифференциации с максимумом ОУ и НП в органогенных горизонтах (рис. 4, 5); 2)

поверхностно-срединно-аккумулятивный с двумя максимумами в профиле (рис. 6) и 3) грунтово-аккумулятивный с максимумом в глеевом горизонте.

В большинстве случаев обнаруженные нефтепродукты относятся к первому классу (легкие). Исключения составляют органогенный горизонт аллювиальной торфяно-глеевой иловато-перегнойной почвы (14-6) в мезопонижении к северо-востоку от скважины № 14 (второй класс) и грубогумусовая почва технической площадки (разрез 10-13; третий). Следы серы были обнаружены в составе НП в нижнем горизонте аллювиальной гумусовой глеевой почвы (14-1).

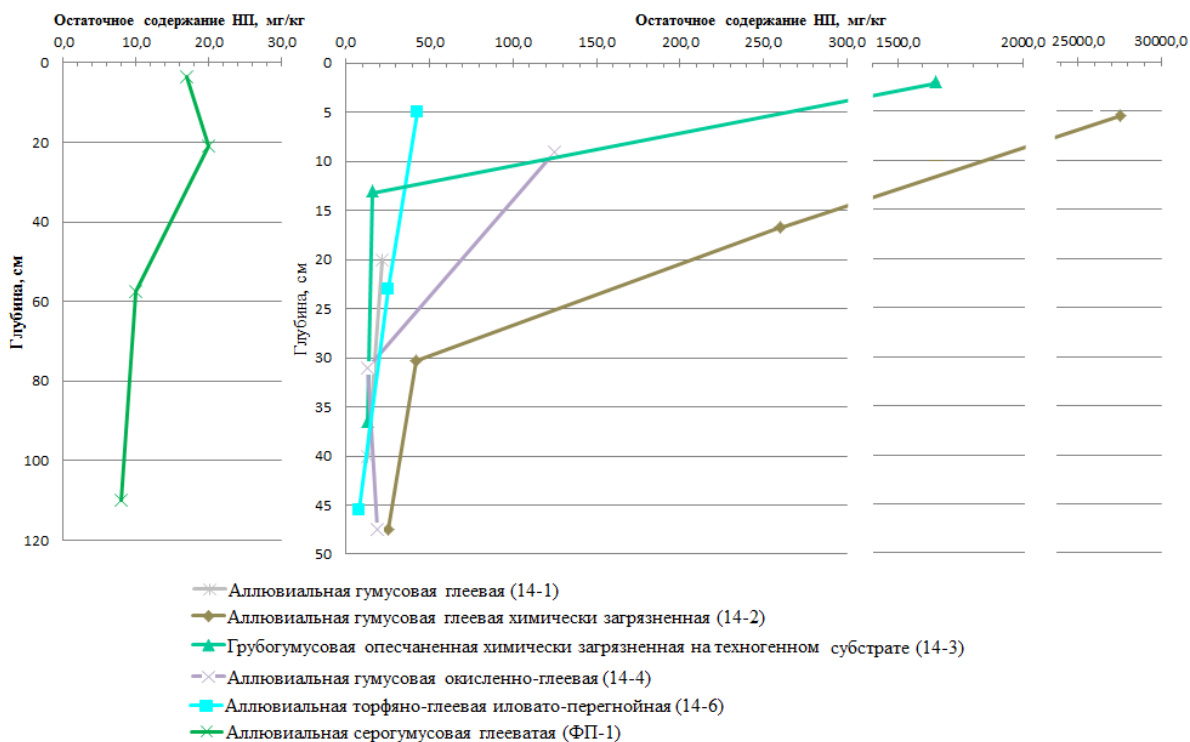


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов в почвах пойменного комплекса поблизости безаварийных скважин по сравнению с фоном.

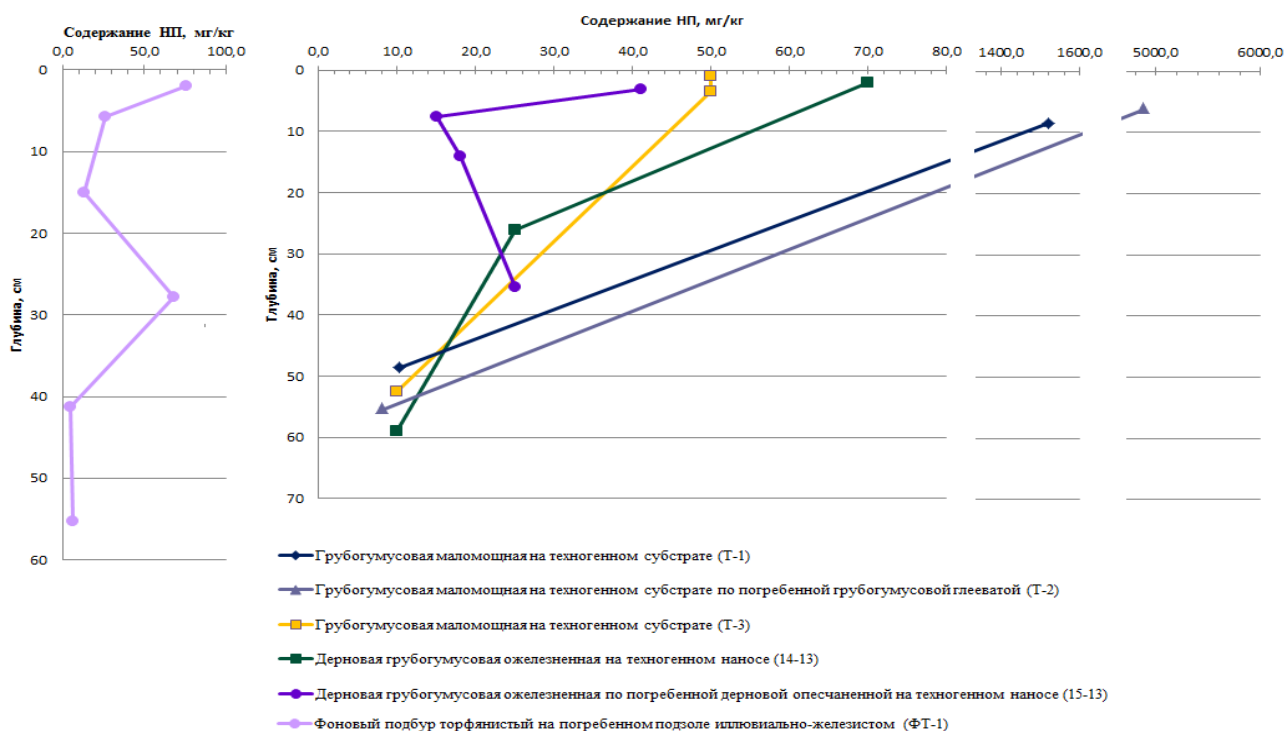


Рис. 5. Содержание нефтепродуктов в почвах останцов террас по сравнению с фоном

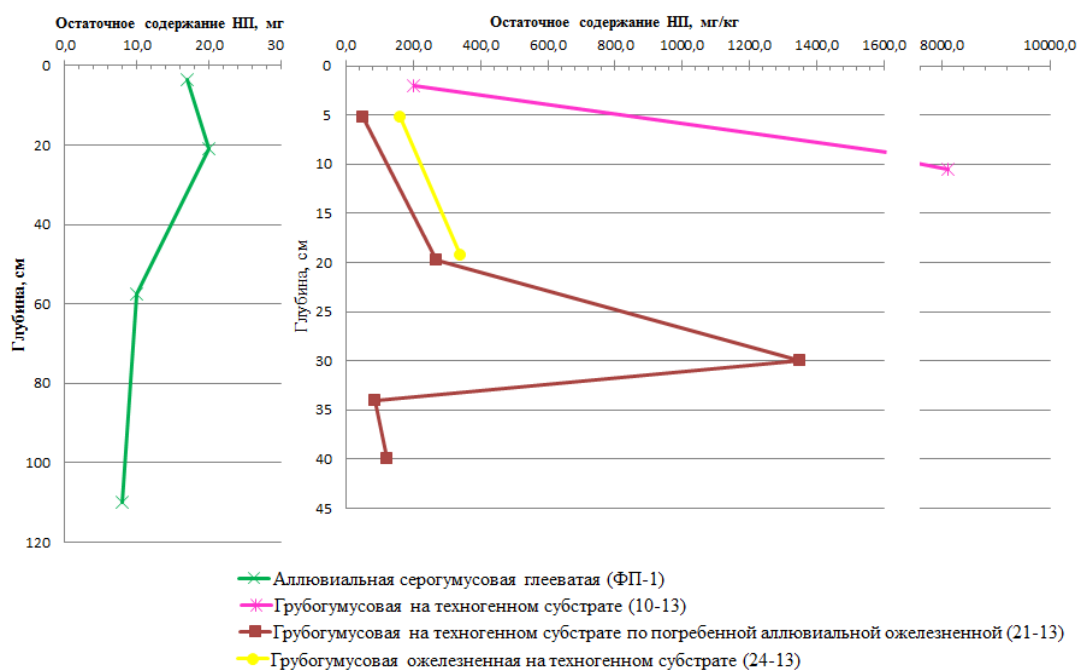


Рис. 6. Содержание нефтепродуктов в почвах пойменного комплекса поблизости безаварийных скважин по сравнению с фоном

Латеральное распределение нефтепродуктов в пределах исследуемого безаварийного участка показано на рис. 7. Наиболее глубоко НП продвигаются в почвах легкого механического состава, расположенных к северу от скважины. Нефтепродукты вымываются из почв водораздельных позиций и накапливаются в микропонижениях у склонов технической площадки, в верхних органогенных горизонтах аллювиальных гумусовых глеевых почв (до 8100 мг/кг).

Латеральная дифференциация НП на аварийном участке выражена ярче. Здесь 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. Максимальные концентрации нефтепродуктов (24300 мг/кг) отмечаются на аварийном участке, в пределах обваловки по левому берегу, где были расположены основные элементы инфраструктуры промысла, а также у Малого Грифона (рис. 8). Отчасти это может быть связано с сезонным воздействием половодья.

Для грубогумусовых маломощных почв на техногенном субстрате, вскрытых в северо-восточной части берега водохранилища (К-15), выявлено превышение концентрации нефтепродуктов над нормативами для земель водного фонда до 17 раз. Также очень высок этот показатель поблизости Малого Грифона, где он составляет 24300 мг/кг, что более чем в 30 раз превышает нормативы. Концентрации нефтепродуктов в почвах падают по мере удаления от водохранилища: так в 100 м от нижней дамбы их содержание составляет 18 мг/кг почвы.

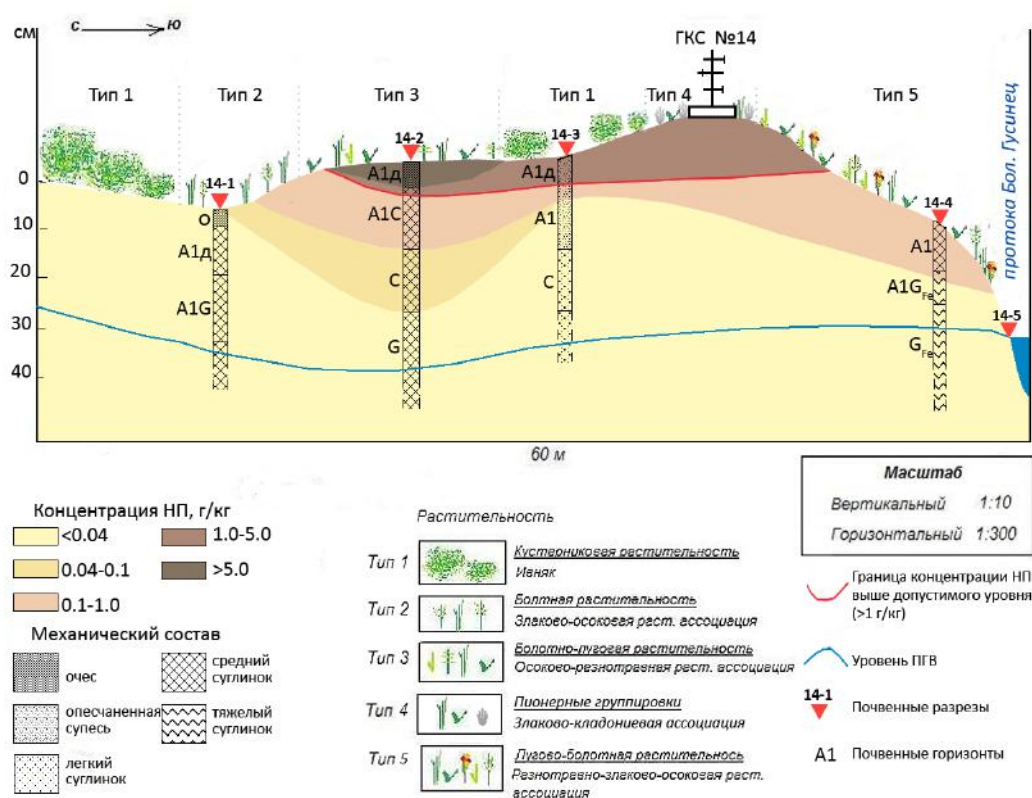


Рис. 7. Комплексный профиль безаварийного участка скважины № 14 (по данным автора 2011 года).

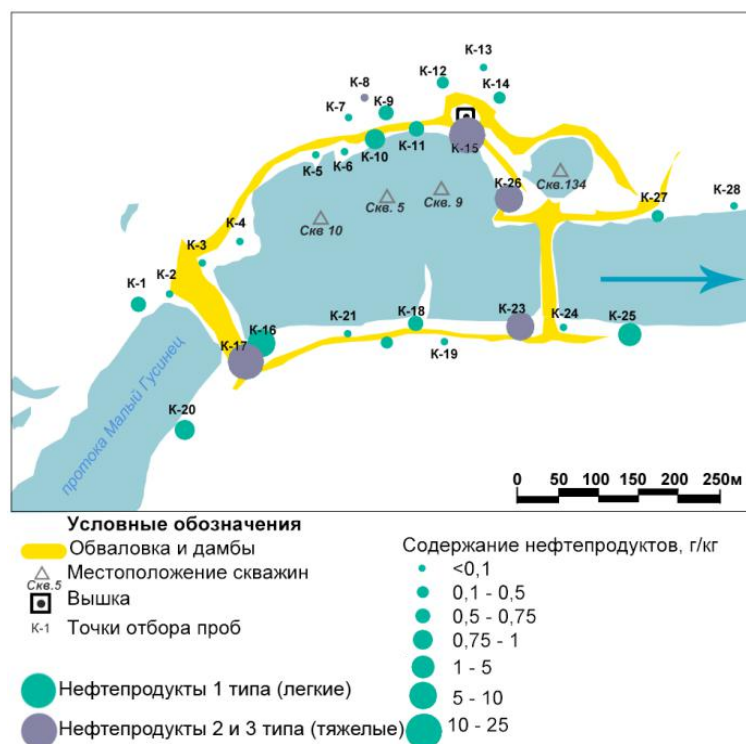


Рис. 8. Остаточное содержание нефтепродуктов в поверхностных горизонтах почв аварийного участка (2011 г.)

Исследование загрязнения почв тяжелыми металлами на территории Кумжинского ГКМ показало, что выявленные аномалии ряда подвижных форм 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. Наибольшие концентрации ТМ наблюдаются поблизости скважин в поверхностных органогенных горизонтах переувлажненных почв суглинистого механического состава. Вниз по профилю и по мере удаления от источника загрязнения обычно наблюдается уменьшение содержания подвижных форм ТМ. Превышение фоновых значений выявлено только для цинка и кобальта в нескольких пробах (K_c до 3,3 и 5,9 соответственно). Концентрации других ТМ (Ni, Pb и Cu) в поверхностных горизонтах почв ниже фона ($K_c < 1,5$).

Глава 5. Трансформация растительного покрова в зоне воздействия Кумжинского газоконденсатного месторождения

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.

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 **третьей стадии** сплошной растительный покров отсутствует, сохраняются отдельные фрагменты растительных сообществ или же пионерные группировки. **Четвертая стадия** нарушения представляет открытый грунт, лишенный растительного покрова.

В пойменных безаварийных условиях на удалении 0-50 м от скважин в 5 случаях из 11 отмечаются нарушения, характерные для второй стадии, в четырех – для первой, и на одной площадке фитоценоз соответствует фоновым аналогам. На большем удалении от безаварийных скважин в пойменных условиях проективное покрытие и видовой состав растительности также близок к фону. Склоны технической площадки одной из них, сложенные грунтом легкого механического состава, заняты разнотравно-злаковыми растительными группировками, тогда как замкнутые понижения у склонов преимущественно монодоминантными осочниками. При удалении от площадки возрастает видовое разнообразие болотных 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 пионерных группировках (точка 10-13) такого синантропного вида, как *Plantago lanceolata*. Для участка поблизости безаварийной скважины №14 характерны существенные различия в составе растительных ассоциаций, сменяющих друг друга на сравнительно малой площади (максимальное значение коэффициента Жаккара составляет 0,60). В целом по сравнению с фоновыми условиями заметно дробление контуров растительных ассоциаций, возрастание их мозаичности. Эти явления связаны с механическим воздействием при создании и консервации скважины и изменением условий увлажнения (рис 9).

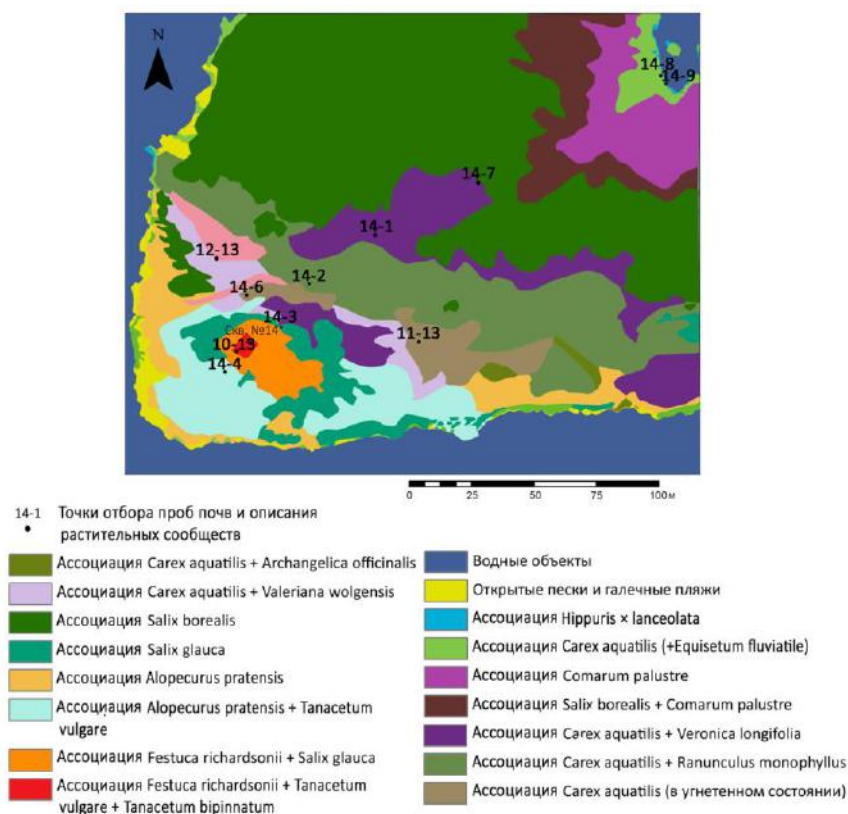


Рис. 9. Растительные сообщества участка поблизости безаварийной скважины №14 (по данным автора за 2011-2013 годы).

На основе изучения снимков большого разрешения были выделены многолетние тренды сукцессий в зоне воздействия отдельных скважин. Наибольшая площадь нарушений растительного покрова была зафиксирована на аварийном участке, где регулярно проводилось обновление дамбы и обваловки: каждые несколько лет создавался отвал грунта выше по течению от водохранилища, материал которого использовался потом для этих же целей. 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. 10), когда в очередной раз проводились работы по её реконструкции.

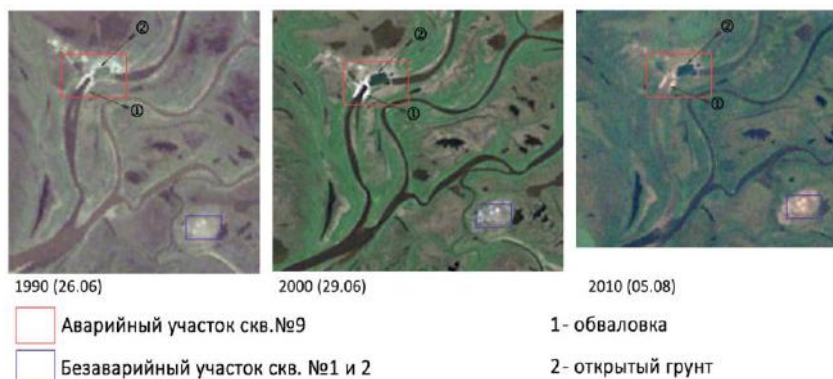


Рис. 10. Изменение площади открытого грунта на аварийном участке и участке, расположенном на останце террасы поблизости скважин 1 и 2 (используются данные Landsat 5 и 7).

Растительные ассоциации, описанные в пределах останца террасы, где расположены скважины 1 и 2, зачастую существенно отличаются от фоновых тундровых фитоценозов. В непосредственной близости от скважин 1 и 2 растительные сообщества сильно нарушены, существенную площадь занимают пионерные группировки. На отдалении порядка 60 м от скважин отмечается рост числа видов-эдикаторов кустарничково-лишайниковых и кустарничково-моховых тундр. Коэффициенты сходства между ассоциациями варьируют в пределах 0,00 – 0,57. На песках в пределах технической площадки 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. Влияние промысла на растительность становится малозаметным на расстоянии около 60-80 м от скважин.

Появление таких линейных объектов на аварийном участке, как дамба и обваловка, приводит к перераспределению влаги, что влияет на очертания площадей, занимаемых каждым из фитоценозов. Из-за увеличения контрастности в перераспределении влаги поблизости от насыпей и обваловок отмечается уменьшение занимаемых растительными ассоциациями площадей и смена 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 (рис. 11). 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).

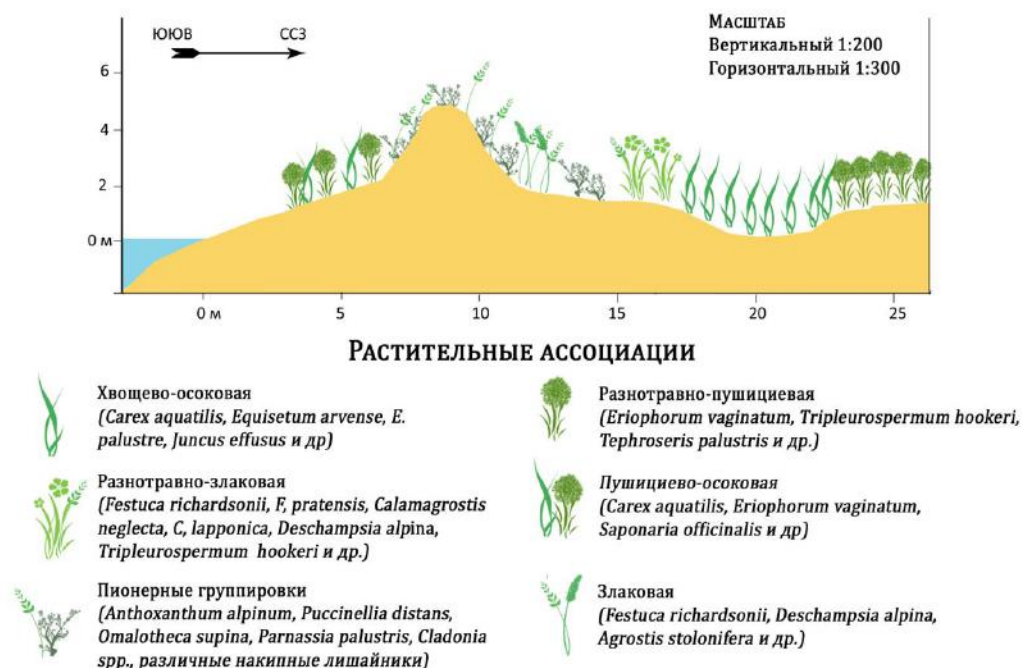


Рис. 11. Смена растительных сообществ на левом берегу водохранилища.

В пойменных условиях сокращается площадь зарослей *Salix borealis* и *Salix phylicifolia* за счет их вырубki при создании дорог, технических площадок скважин и обваловки на аварийном участке. Мохово-лишайниковый ярус, играющий большую роль в тундровых сообществах, заметно сокращает свое проективное покрытие на безаварийном тундровом участке. Так, его суммарное проективное покрытие снижается в среднем на 21% при наличии механических нарушений и на 12% при их отсутствии (рис.12).

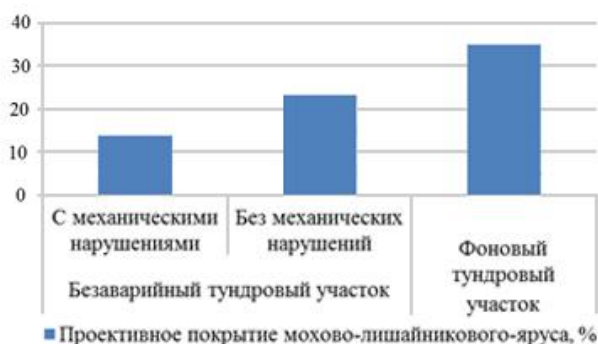


Рис. 12. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса на безаварийном и фоновом тундровых участках.

На пойменных участках возрастает доля осок и ситников в суммарном проективном покрытии, что объясняется их устойчивостью к углеводородному загрязнению, а также монокарпических трав. Помимо уменьшения проективного покрытия мохово-лишайникового яруса в пределах останцов террас, в сильно нарушенных фитоценозах в

пять раз падает доля кустарничков в суммарном проективном покрытии, а также возрастает доля осок.

Наблюдается бореализация флоры, так 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%. Доля бореальных видов в сообществах поблизости скважин 1 и 2 возрастает до 90%. Увеличение доли бореальных видов на субстратах с механическими нарушениями в почвенном профиле говорит в пользу теории о заносе семян с грунтом.

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. Подобные изменения структуры в пределах одной группы ассоциаций возможны при изменении его «видового ядра» - участия видов-доминантов, изменении межвидовых отношений в фитоценозе. В безаварийных пойменных условиях за счет злаков и разнотравных видов пионерных группировок увеличивается с нуля до 14% доля ксеромезофитов и снижается доля гигрофитов и гигромезофитов. На аварийном участке увеличивается доля гигрофитов-гидрофитов, эвритопных видов и мезогигрофитов. Этот факт можно объяснить устойчивостью некоторых представителей этих групп к углеводородному загрязнению почв. 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.

Для разнотравных сообществ характерно исчезновение видов, до этого являвшимися рецедентными, их замена однолетними травами и более устойчивыми к загрязнению видами, такими как *Eriophorum vaginatum*, в некоторых случаях увеличивается проективное покрытие такого рецедентного вида, как *Equisetum arvense*.

В тундровых растительных сообществах резко падает роль видов-доминантов, тогда как роль некоторых видов-содоминантов возрастает. 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.

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 углеводов 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 влагалищной, 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.

Глава 6. Трансформация аквальных ландшафтов в результате аварии на Кумжинском газоконденсатном месторождении

Печора привносит поток разнообразных химических элементов и соединений в Баренцево море, оказывая влияние на состояние его биологических ресурсов (Горячие точки..., 2008, Соколов, 2013, Stenina et al, 2009, Walker et al, 2009). Воды р. Печоры, Печорской и Коровинской губ характеризуются как чрезвычайно чувствительные к загрязнению нефтью (Экологическое состояние., 2001, Даувальтер, 2001)

В 1981 году на месте скважины №9 образовались грифоны, участок вокруг них был затоплен водами протоки Малый Гусинец. В настоящее время аварийный участок отделен дамбами. 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.

Средние концентрации нефтепродуктов в водах Большого Грифона, образовавшегося на месте аварийных скважин, в среднем составляют не более 9 мг/л, что превышает ПДК для всех типов водоемов. 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 концентрации нефтепродуктов составили 1,2 ПДК_{рх}. Превышений в остальных точках отбора проб воды обнаружено не было.

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 значительно снизилось и не превышает 0,2 мг/л.

Донные отложения представляют источник вторичного загрязнения вод, 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 региональными нормативами.

Для фонового состояния донных отложений как песчаного, так и глинистого состава характерна слабокислая и кислая реакция (рН=5,1-5,7), крайне низкое остаточное содержание нефтепродуктов и водорастворимых солей.

В донных отложениях поблизости скважины №14 не выявлено превышения ПДК по содержанию каких-либо вредных веществ, содержание нефтепродуктов не превышает фоновое, рН=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 (1020 мг/кг), при этом обнаруженные нефтепродукты относились ко второму типу. В 2013 году содержание нефтепродуктов было близко к пороговому значению для донных отложений песчаного состава – 225 мг/кг. Значения рН 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 в переслаивании загрязненных углеводородами отложений новыми наносами.

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

Содержание солей во всех пробах не превышает 1%. Качественный состав солей имеет некоторые отличия от почв аварийного участка: большее количество ионов кальция и снизившееся количество гидрокарбонат-ионов.

Отмечаемые концентрации ряда тяжелых металлов (Cu, Ni) превышают значения ПДК в 1,5-2 раза в двух точках: К-21, К-24 (рис. 13)

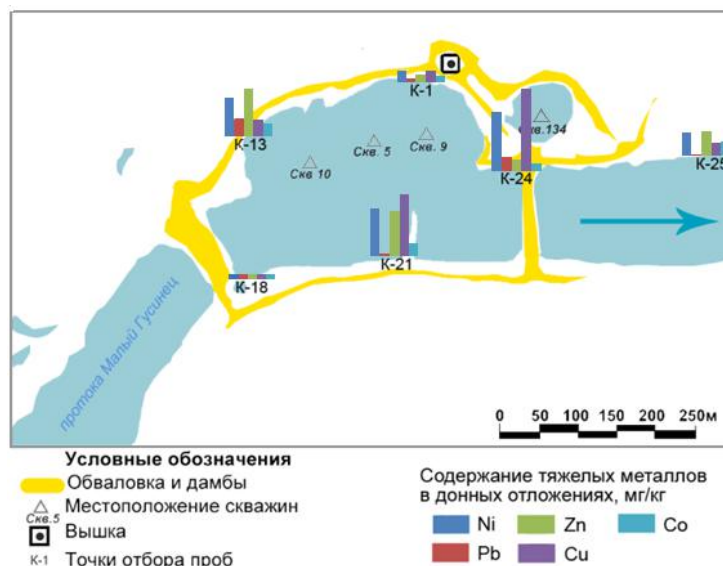


Рис. 13. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях аварийного участка.

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 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), 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 *грунтовой-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.

**Основные положения диссертации опубликованы
в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. **Никонова А.Н.** Трансформация пойменных экосистем дельты Печоры в зоне влияния Кумжинского газоконденсатного месторождения (Ненецкий автономный округ). // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015, № 5, с. 117-129.
2. Замотаев И.В., Иванов И.В., Михеев П.В., **Никонова А.Н.** Химическое загрязнение и трансформация почв в районах добычи углеводородного сырья (обзор литературы) // Почвоведение, 2015, № 12, с. 1505-1529.

и других изданиях:

1. **Никонова А.Н.** Трансформация пойменных ландшафтов при аварии на Кумжинском газоконденсатном месторождении. // Природно-антропогенные геосистемы: мировой и

- региональный опыт исследований: IV Молодежная научная школа-семинар и конференция; 13-16 сентября 2012г; Курская биосферная станция ИГРАН: тезисы докладов /Сост. Шоркунов И.Г. - М.: "11-й ФОРМАТ", 2012. С. 169 – 172.
2. **Никонова А.Н.** Изменения отдельных компонентов пойменных экосистем в тундровой зоне в результате поступления в них углеводов (на примере Кумжинского газоконденсатного месторождения). // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов - Вып. 15. – М., РУДН, 2013. С. 330-334.
 3. **Никонова А.Н.** Последствия изменений климата для ландшафтов Кумжинского газоконденсатного месторождения (Ненецкий автономный округ) // Эколого-географические проблемы регионов России: материалы V всероссийской научно-практической конференции, посвященной 85-летию естественно-географического факультета. 15 января 2014 года. – Самара: ПГСГА, 2014. с. 97-105 .
 4. **Никонова А.Н.** Воздействие разработки Кумжинского газоконденсатного месторождения на компоненты экосистем дельты Печоры (Ненецкий автономный округ) // Геополитика и экогеодинамика регионов. Научный журнал. Т. 10 Вып. 2, Симферополь, 2014, с. 667-674.
 5. **Никонова А.Н.** Загрязнение нефтепродуктами почв и донных отложений на территории Кумжинского газоконденсатного месторождения. // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции: в 2 ч. – М., РУДН, 2015. С. 274-277.