

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Кукушкин Степан Юрьевич

**ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА
ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПРИ ОСВОЕНИИ
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук,
профессор М. Г. Опекунова



Санкт-Петербург
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Методика исследований.....	7
1.1. Методика полевых исследований.....	7
1.2. Методика лабораторных и камеральных исследований.....	11
Глава 2. Природные условия севера Западной Сибири, определяющие миграцию и аккумуляцию загрязняющих веществ в компонентах ПТК.....	14
2.1 Геологическое строение и рельеф.....	14
2.2 Климатические условия.....	17
2.3. Гидрография.....	19
2.4. Почвы.....	22
2.5 Растительность.....	30
Глава 3. Основные виды воздействий при нефтегазодобыче.....	39
3.1. Ландшафтно-деструкционные и фоновые-параметрические воздействия.....	40
3.2. Эмиссионные воздействия.....	42
3.2.1. Основные загрязняющие вещества при эмиссионном воздействии.....	44
Глава 4. Антропогенное воздействие на ПТК исследованной территории.....	52
4.1. Загрязняющие вещества в поверхностных водах и донных осадках.....	52
4.1.1. Гидрохимические показатели в природных водах.....	52
4.1.1.1. Гидрохимические показатели в водах рек.....	54
4.1.1.2. Гидрохимические показатели в водах озер.....	63
4.1.2. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в природных водах.....	70
4.1.2.1. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в водах рек.....	73
4.1.2.2. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в водах озер.....	78
4.1.3. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в донных осадках рек и озер.....	85
4.2. Загрязняющие вещества в почвах.....	99
4.3. Загрязняющие вещества в индикаторных видах растений.....	118
4.4. Изменение ПТК исследованной территории.....	135
Глава 5. Индикаторы антропогенной нагрузки на ПТК и оценка воздействия при освоении нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО.....	141
Заключение.....	147
Список литературы.....	151
Приложение.....	165

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Газоконденсатные и нефтяные месторождения севера Западной Сибири являются крупнейшими в России источниками углеводородного сырья. С начала 80-х годов XX века происходит интенсивное освоение месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). В последние десятилетия, в связи с активно ведущимся в регионе освоением нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ), естественные природно-территориальные комплексы (ПТК) подвергаются многостороннему воздействию, приводящему к изменению свойств всех компонентов природной среды (Солнцева, 1998; Московченко, 1998, 2010; Сысо и др., 2001; Булатов, 2004; Хаустов, Редина, 2006; Подавалов, 2010; Опекунов и др., 2012; Лаверов и др., 2016 и др.).

Специфические природные условия Севера (суровость климата, высокая заболоченность, низкая восстановительная способность растительных ценозов) определяют низкую устойчивость ПТК к антропогенному воздействию. (Росляков и др., 1996; Московченко, 1998, 2003, 2006, 2010; Арчегова 2002, Опекунов и др., 2002, 2007, 2012, 2015; Капелькина, 2012, 2014; Опекунова и др., 2015 и др.). Огромную роль в формировании ПТК играют низкие температуры, что обуславливает снижение скорости метаболизма и активности биогеохимических процессов. Контрастность физико-географических условий севера Западной Сибири определяет многообразие природных процессов.

Одной из важных и в то же время сложных задач геоэкологии является разделение антропогенных и природных факторов, оказывающих влияние на ПТК (Основы геоэкологии, 1994; Осипов, 1997; Мовчан, 2000, 2005, 2010, 2015; Мовчан, Опекунова, 2002; Исаченко, 2003; Петров, 2004; Дмитриев, Фрумин, 2004; Пиковский и др. 2015; Хаустов, Редина, 2016 и др.). Приоритетным условием рационального природопользования в районах нефтегазодобычи севера Западной Сибири в настоящее время можно считать изучение всего спектра природных и антропогенных факторов, оказывающих влияние на ПТК.

Серьезной проблемой оценки антропогенной нагрузки при освоении НГКМ севера Западной Сибири можно считать необходимость использования существующих нормируемых показателей содержания загрязняющих веществ в компонентах ПТК (ПДК, ОДК, ОДУ). Вместе с тем для ряда характерных при нефтедобыче поллютантов они отсутствуют. На территории севера Западной Сибири поверхностные воды отличаются повышенной относительно ПДК р.х.н. концентрацией Mn, Cu, Zn, Hg, а растительный и почвенный покровы, донные отложения наоборот характеризуются крайне низким содержанием микроэлементов (Московченко, 1998, 2006, 2008, 2006; Сорокина и др., 2006; Уварова, 2010; Свириденко, 2011; Опекунов и др., 2012; Кремлева и др., 2012, 2014; и др.). Все это затрудняет использование существующих значений ПДК и ОДК для оценки уровня антропогенного воздействия. Таким образом, одной из важней-

ших задач можно считать определение достоверных индикаторов антропогенной нагрузки при освоении месторождений с учетом ландшафтно-геохимических особенностей севера Западной Сибири.

В качестве объекта исследований выбраны ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья, север Западной Сибири, ЯНАО. Предметом исследований служат антропогенные и природные процессы, определяющие состояние компонентов ландшафта.

Целью диссертационного исследования является выделение основных индикаторов антропогенной нагрузки на ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири на примере Надым-Пур-Тазовского междуречья (ЯНАО).

Для достижения поставленной в работе цели определены и решены следующие **задачи**:

- изучены ПТК севера Западной Сибири, проведены натурные исследования и отбор проб компонентов ПТК
- выделены основные эмиссионные и ландшафтно-деструкционные виды воздействий при освоении НГКМ ЯНАО;
- проанализирован химический состав поверхностных вод, донных осадков, почв и растений, проведен статистический анализ содержания загрязняющих веществ в компонентах ПТК, на основе построенных геоинформационных систем (ГИС) осуществлен пространственный анализ распределения загрязняющих веществ на исследованной территории месторождений, определены закономерности накопления нефтяных углеводородов (НУ) и тяжелых металлов (ТМ) в компонентах фоновых и антропогенно нарушенных ПТК;
- проведена оценка трансформации ПТК вследствие загрязнения и механических нарушений при освоении месторождений;
- выделены природные антропогенные факторы, определяющие химический состав компонентов ПТК в естественных условиях и условиях техногенеза на территории Надым-Пур-Тазовского междуречья;

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались, геоэкологические методы исследований, включающие в себя геоботанические, картографо-геоинформационные, ландшафтно-геохимические, химико-аналитические и математические.

Личный вклад автора. Автор в период с 2003 по 2016 г.г. лично принимал участие в сборе материала и проведении полевых и камеральных исследований в рамках работ по экологическому мониторингу и фоновой оценке лицензионных участков (ЛУ) месторождений ЯНАО (по договорам с ООО «Газпром добыча Уренгой», ООО «Газпром добыча Ямбург», ЗАО «Геотрансгаз», ОАО «Арктикгаз», ПАО «НК «Роснефть», ОАО «Сибнефтегаз»). Автором лично сформулированы цели и задачи работы, самостоятельно проведен большой объем статистического анализа и обработки материалов с применением ГИС-технологий.

Научная новизна работы. В работе впервые проведена комплексная оценка содержания загрязняющих веществ во всех компонентах ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья (водные объекты, почвенный и растительный покровы) и изменений в ПТК на региональном, территориальном и локальном уровнях. Выявлены природные и антропогенные факторы, влияющие на содержание ТМ и НУ в компонентах ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья. Определены фоновые значения содержания загрязняющих веществ в компонентах ПТК. Дана оценка изменений почвенного и растительного покровов вследствие механических нарушений при нефтегазодобыче. Впервые выделены достоверные индикаторы антропогенной нагрузки на ПТК при освоении НГКМ севера Западной Сибири.

Практическая значимость работы. Проведенные исследования позволяют: оценить природные и антропогенные факторы, влияющие на химический состав компонентов ПТК; использовать полученные индикаторы антропогенной нагрузки при оценке возможного антропогенного воздействия; оценить фоновое состояние и прогнозировать изменения в компонентах ПТК, вызванные обустройством и разработкой месторождений; использовать полученные данные о фоновом содержании ТМ в компонентах ландшафтов исследованной территории при проведении мониторинговых исследований; использовать полученные данные для разработки и оптимизации программ экологического мониторинга ЛУ.

Основные защищаемые положения:

1. Химический состав компонентов ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья, в первую очередь, формируется под влиянием природных процессов. Определяющими факторами служат контрастные ландшафтно-геохимические условия, обусловленные естественной мозаичностью и комплексностью ПТК.
2. Общий уровень загрязнения ПТК незначителен. Воздействие техногенеза проявляется на локальных участках вблизи объектов нефтегазовых промыслов.
3. Индикаторами антропогенного загрязнения компонентов ПТК при освоении ЛУ месторождений выступают: увеличение в поверхностных водах концентраций хлоридов, сульфатов, натрия, НУ, Ва и Сu, рост содержания в озерах минерального фосфора и аммонийного азота при отсутствии его нитратных и нитритных форм, увеличение в донных осадках концентрации НУ, Сu и V; рост содержания в обоих генетических горизонтах почв Сu, Pb, Ва и НУ; увеличение концентрации Ва, Mn, Сu, Ni, Co, Pb, Cd и Hg в лишайнике *Cladonia alpestris* (L.) Rubh; Ва, Сu, Ni, Co, Pb и Cr в кустарничках *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd.ex Steud. и *Vaccinium vitis-idaea* L..
4. Общими индикаторами антропогенной нагрузки на ПТК служат: рост вариабельности содержания микроэлементов в индикаторных видах растений, изменение факторной структуры содержания поллютантов в компонентах ПТК, преобладание в структуре веществ группы ПАУ

нафталина в пробах почв и донных отложений, образование фрагментарных группировок растений, процессы олуговения фитоценозов, увеличение степени обводненности территории и вторичное заболачивание, опустынивание, проявления термокарста, ускорение эрозионных процессов, полная трансформация или деградация биогеоценозов.

Апробация работы. Главные положения работы доложены на всероссийских и международных конференциях: Первый Конгресс Университета Арктики, Санкт-Петербург, 2016; IV международная научно-практической конференция молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», Москва, 2015; Всероссийская научно-практическая конференция «Ландшафтно-экологическое состояние регионов России», Воронеж, 2015; Международная научно-практическая конференция LXVIII Герценовские чтения, Санкт-Петербург, 2015; VI съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Петрозаводск, 2012; Третий международный полевой симпозиум, Ханты-Мансийск, 2011; III международная научная конференция «Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии», Москва, 2010; Arctic Frontiers «Challenges for oil and gas development in the Arctic», Tromsø, 2008; V международная научно-практическая конференция «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде», Казахстан, Семей, 2008; Международная научно-техническая конференция «Нефть и газ Арктики, Москва, 2006; XII съезда РГО, Кронштадт, 2005 и др..

По теме диссертации опубликованы 23 печатные работы, в том числе две статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, одна статья в зарубежном издании и учебное пособие. Результаты исследования, положенные в основу работы, использовались при разработке программ и проведении экологического мониторинга и фоновой оценки территории 30 ЛУ месторождений ЯНАО, а также при реализации национального проекта «Образование, 2006» и грантов «Nor-Russ Environment» CPRU-2007/10003/2089 и CPRU-2011/10074.

Диссертационная работа изложена на 150-ти страницах печатного текста, состоит из введения, 5-ти глав, заключения, приложения, содержит 33 таблицы и 106 рисунков. Список литературы включает в себя 210 источников, в том числе публикации автора.

Автор выражает искреннюю благодарность своему Учителю и научному руководителю д.г.н. профессору кафедры геоэкологии и природопользования Института наук о Земле СПбГУ М. Г. Опекуновой. Отдельную благодарность за неоценимую помощь в проведении полевых исследований, в сборе полевых материалов, обработке результатов лабораторных исследований и методическую поддержку автор хочет выразить д.г.-м.н. А. Ю. Опекунову, к.г.н. И. Ю. Арестовой, ведущему инженеру ОАО «Экопроект» Н. Т. Ганул и сотрудникам ОАО "Проексон" в лице ген. директора А. Г. Ганула. Автор искренне благодарит д.г.н. В.В. Дмитриева за консультативную помощь при подготовке диссертационной работы, а также сотрудников кафедры геоэкологии и природопользования СПбГУ за многолетнюю методическую поддержку.

ГЛАВА 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований расположен в Надым-Пур-Тазовском междуречье на севере Западной Сибири в Ямало-Гыданской ландшафтно-геохимической области (Глазовская и др., 1983) и согласно административному делению Российской Федерации входящему в состав ЯНАО. Геоэкологические исследования проведены в период с 2003 по 2016 гг. на территории 18 ЛУ нефтяных и газоконденсатных месторождений (НГКМ и ГКМ) (рис. 1.1).

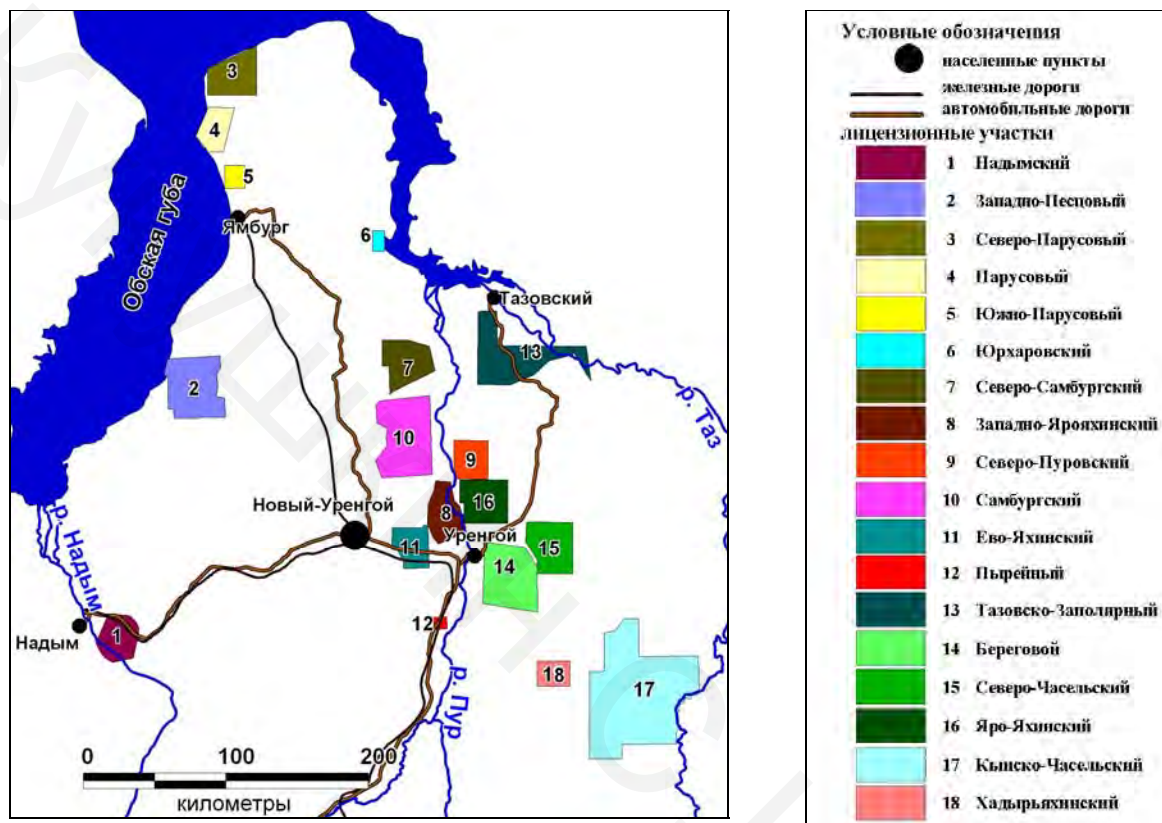


Рис. 1.1 Схема расположения исследованных ЛУ месторождений.

Исследованные ПТК ЛУ месторождений ЯНАО по характеру рельефа, структуре растительного и почвенного покровов, гидрографической сети являются типичными для территории нефтегазодобычи севера Западной Сибири.

1.1. Методика полевых исследований

Проведение полевых работ и пробоотбора при комплексных геоэкологических исследованиях осуществлялось с учетом природных условий территории. Исследования начинались с выбора наиболее характерных эталонных площадей ПТК, расположенных в зоне воздействия источника загрязнения и на участках, не подверженных антропогенным воздействиям.

В связи с большой площадью и труднодоступностью района работ (высокая степень заболоченности территории) геоэкологические исследования были выполнены с использованием наземного транспорта, вертолетного десанта, плавсредств и пешеходных маршрутов (рис. 1.2). Полевые работы начинались с рекогносцировочной стадии исследований, основная задача ко-

торой заключалась в получении представления о ландшафтно-экологических особенностях территории и источниках антропогенного воздействия. На каждом ключевом участке для оценки состояния ПТК применялись методы экологического профилирования и эталонных площадей (ЭП). Наблюдения и отбор проб выполнялись с учетом пространственной дифференциации природной среды на всех уровнях элементарного геохимического ландшафта: элювиальном, трансэлювиальном, субаквальном и аквальном.



а)



б)

Рис. 1.2. Проведение полевых работ на территории исследований (фото М.Г. Опекуновой)

а) - с помощью вертолетного десанта, Северо-Парусовый ЛУ; б) - с помощью наземного транспорта, Западно-Песцовый ЛУ

Планирование пространственно-территориальной направленности маршрутов выполнялось на основе предварительного анализа топоплана местности (М 1:25000-1:300 000) и космических снимков. Такой подход позволил охватить практически все многообразие условий произрастания растительности и почвенного покрова, что в будущем во многом облегчило решение задачи экстраполяции собранных сведений на участки территории, неохваченные исследованиями.

Для определения характера латеральной миграции и перераспределения химических элементов по различным фациям элементарного геохимического ландшафта прокладывался профиль, проходящий через основные формы мезорельефа. Обычно профиль включал не менее 3 пикетов, расположенных на характерных перегибах рельефа (Kukushkin, 2011; Opekunova, 2011; Опекунов и др., 2012).

Выбор эталонных площадок (ЭП) (рис. 1.3) и пикетов проводился с учетом физико-географических особенностей ПТК (смен растительных сообществ, форм рельефа и т.д.), пикеты на профиле устанавливались по мере смены фаций в пространстве. Наряду с детальной физико-географической характеристикой ПТК и геоботаническим описанием растительности, на пробных площадях закладывались почвенные разрезы, проводилось их описание и отбор образцов почв, индикаторных видов растений, также при наличии водных объектов осуществлялся отбор проб воды и донных отложений. Общее количество заложенных и описанных ЭП и пикетов составило – 1200.

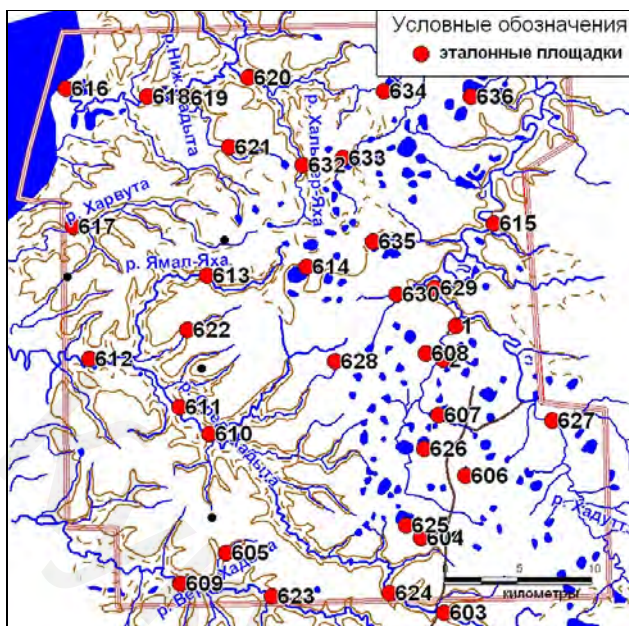


Рис. 1.3. Расположение ЭП на территории Западно-Песцового ЛУ.

осуществлялся из двух генетических горизонтов: аккумулятивного горизонта A_0A_1 (A_T) (О и Т) и иллювиального горизонта В (B_g), в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. В болотных почвах отбирались образцы торфа с глубины 5-10 см и 20-25 см (ГОСТ 17.4.4.02-84). Всего было отобрано для физико-химического анализа 1603 образца проб почв (с двух горизонтов) (табл. 1.1.). Отбор, хранение и транспортировка проб воды и донных осадков осуществлялись в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ 2761-84, ГОСТ 17.1.3.08-82, ГОСТ 17.1.5.02-80 и др.) (рис. 1.5). Объем пробы воды определялся в зависимости от набора анализируемых гидрохимических элементов и в соответствии со стандартом на метод анализа. Отбирались точечные пробы, характеризующие состав и свойства воды в данном месте водного объекта, путем однократного опробования. Объем точечной пробы, достаточный для определения всех показателей физико-химических свойств воды, составлял в среднем 2,5 л. Пробоотбор донных отложений осуществлялись дночерпателем или сапропелевым буром. На каждой станции проводилось литологиче-

Особое внимание было уделено ПТК нарушенным и измененным вследствие антропогенного воздействия. С этой целью были исследованы ПТК вблизи кустов скважин, площадок проведения буровых работ, линий трубопроводов, производственных объектов месторождений, полигонов ТБО, карьеров и других объектов ЛУ месторождений.

Для определения структуры вертикального распределения загрязняющих веществ в почвенных разрезах производился отбор проб из каждого генетического горизонта почв (рис. 1.4). Отбор проб почв на ЭП



Рис. 1.4. Отбор проб почв, Пырейный ЛУ (фото М.Г. Опекуновой).

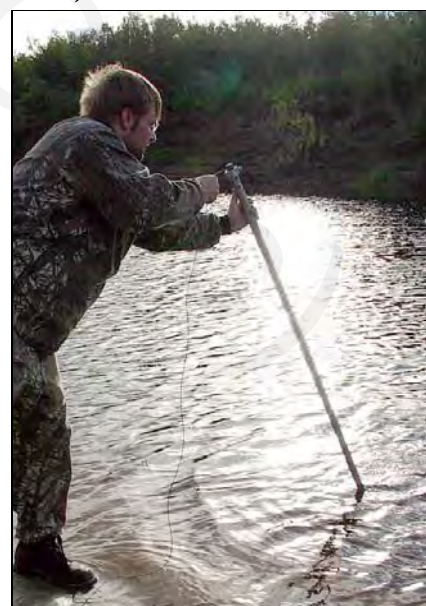


Рис. 1.5. Отбор проб донных осадков в реке Вэсакояха, Тазовско-Заполярный ЛУ (фото М.Г. Опекуновой).

ское описание поверхностного слоя донных осадков и вертикального разреза отложений. Всего было отобрано проб: воды – 639; донных отложений – 514 (табл. 1.1).

Таблица 1.1.

Количество отобранных на исследованной территории проб поверхностных вод, донных осадков, почв и индикаторных видов растений

ЛУ	год	почвы	растения	донные отложения	поверхностные воды
Береговой ЛУ	2010	80	73	18	23
	2013	72	64	20	23
	2014	49	-	12	18
Ево-Яхинский ЛУ	2010	30	30	15	15
	2011	24	20	10	10
Западно-Песцовый ЛУ	2007	60	69	25	35
Западно-Ярояхинский ЛУ	2004	101	102	27	28
	2005	76	74	26	30
Кынско-Часельский ЛУ	2003	91	86	10	30
Надымский ЛУ	2006	76	57	30	24
Парусовый ЛУ	2007	56	33	24	26
Пырейный ЛУ	2010	59	57	11	17
	2014	54	11	13	22
Самбургский ЛУ	2008	70	92	26	27
	2011	62	43	26	29
Северо-Парусовый ЛУ	2007	82	67	30	37
	2015	11	3	11	11
Северо-Пуровский ЛУ	2004	91	73	17	29
Северо-Самбургский ЛУ	2007	54	63	25	26
Северо-Часельский ЛУ	2008	48	61	17	20
	2011	30	-	12	12
Тазовско-Заполярный ЛУ	2007	60	75	28	33
	2016	22	30	5	5
Хадыряхинский ЛУ	2014	27	-	7	18
Южно-Парусовый ЛУ	2007	45	37	17	20
Юрхаровский ЛУ	2003	75	40	20	28
Яро-Яхинский ЛУ	2008	54	69	16	22
	2011	44	-	16	21
всего		1603	1329	514	639

Важным показателем процессов, происходящих в ПТК, является химический состав растений, получающих элементы минерального питания, прежде всего, из почвенных растворов. Он зависит от содержания химических элементов в окружающей среде, степени их доступности растениям, а также от избирательного их поглощения в зависимости от систематической принадлежности видов. Поэтому одним из важных аспектов оценки состояния природной среды является изучение состояние растительного покрова и содержание загрязняющих веществ в индикаторных видах растений.

Химический состав растений изменяется в соответствии с уровнем загрязнения среды и отражает состояние всех абиотических компонентов ландшафта: свойства подстилающих горных пород, почв, грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха и климатические особенности территории. Поэтому он позволяет осуществить специфическую индикацию антропо-

генных воздействий и определить трансформацию загрязняющих веществ в окружающей среде. Сравнение содержаний поллютантов в растениях фоновых и антропогенно нарушенных местообитаний дает качественную и количественную оценку характера загрязнения. Точность оценки химического состава растений в зависимости от экологического состояния окружающей среды и достоверность результатов лабораторных исследований зависят от репрезентативности проводимых исследований. Необходим отбор индикаторов с высокой встречаемостью и обилием. Биоиндикаторы должны быть хорошо изучены и иметь на всей территории исследований однородные свойства (Опекунова, 2016).

С целью выявления видового состава и оценки участия отдельных видов в структуре растительного сообщества производится общее описание и учет их обилия и проективного покрытия. В тундровых сообществах особое внимание уделяется описанию травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, поскольку они являются прекрасными индикаторами техногенной нагрузки на территорию. Прежде всего, указывается общее состояние, аспект и суммарное проективное покрытие яруса, затем для каждого вида определяется проективное покрытие (в %), обилие, высота, фенологическая фаза и жизненность. Обилие видов устанавливается по шкале О. Друде.

В качестве основных параметров для оценки состояния ПТК использовались такие биоиндикаторные признаки, как состав и строение фитоценоза. Определение видовой принадлежности растений по возможности выполнялось на месте. Неизвестные растения собирались в гербарий, и определение их названий осуществлялось в камеральных условиях.

Для выявления особенностей накопления поллютантов разными видами растений на каждом пикете и эталонной площади отбирались пробы дикорастущих растений, являющихся хорошими биоиндикаторами загрязнения (Орекунова, 2011; Арестова, Опекунова, 1995; Опекунова, 2016; и др.). В пробу отбирались: лишайник *Cladonia alpestris* (L.) Rubh (404 пробы), багульник *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd.ex Steud. (522 пробы), брусника *Vaccinium vitis-idaea* L. (245 проб), голубика *Vaccinium uliginosum* L. (158 проб). Всего в процессе полевых исследований количество отобранных проб индикаторных видов растений составило 1329 (см. табл. 1.1).

1.2 Методика лабораторных и камеральных исследований.

Исследование содержания тяжелых металлов (Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Cd), мышьяка, ртути, НУ, ПАУ в воде, донных отложениях, почвах и растительности (табл. 1.2.) выполнены в Региональном Центре «Мониторинг Арктики», «И.К.М. Инжиниринг» Северо-Западном филиале ФГБУ «НПО «Тайфун» и Центральной аналитической лаборатории ВСЕГЕИ.

Измерения концентраций тяжелых металлов в воде проводились на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Квант-Z-ЭТА», работающем с электротермической атоми-

зацией пробы при включенном зеемановском корректоре фона с постоянной аликвотой 5 мкл исследуемого раствора.

Анализ валового содержания тяжелых металлов в донных осадках, почве и растениях проводился методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборе «ELAN-6100 DRC» с полным кислотным разложением проб по ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Определение ртути осуществлялось непламенным атомно-абсорбционным методом (метод «холодного пара») в соответствии с требованиями ПНД Ф 16.1:2.3:3.10-98. Пределы обнаружения элементов на уровне 0,0002-0,01 г/г; предел обнаружения ртути достигает 0,0005 г/г.

Таблица 1.2.

Количество и перечень лабораторных исследований проб воды, донных осадков и индикаторных видов растений

Вид анализа	Метод анализа	Природные компоненты			
		Вода	Донные осадки	Почвы	Растения
Анионно-катионный состав	Физико-химический	625	-	-	-
Тяжелые металлы	атомно-абсорбционный ICP-MS	550	514	1603	1329
ртуть	беспламенная атомная абсорбция	305	305	950	785
Нефтяные углеводороды	ИК-спектрофотометрия/ флуориметрия	639	366/148	1283/320	-
Полиароматические углеводороды	Жидкостная хроматография	-	15	25	-

Концентрация НУ определялась с использованием как метода ИК-спектрофотометрии, так и флуориметрическим методом. Измерение содержания НУ в почвах и донных осадках при использовании ИК-спектрофотометрии было осуществлено на приборе ИКС-40 (Россия) по поглощению в ближней инфракрасной области спектра (270-310 нм). Предел обнаружения при сухой массе анализируемой пробы 10 г и с конечным объемом экстракта 30 мл составляет 2 мкг/г при относительной ошибке 15 % для концентраций выше 4 мкг/кг. Для оценки содержания НУ в пробах воды использовался метод бездисперсионной ИК-фотометрии на масломере "OIL-102" (Япония). Предел обнаружения методики при объеме анализируемой пробы 1 литр и конечным объемом экстракта 20 мкл (с составляет 10 мкг/л при относительной ошибке 15% для концентраций выше 25 мкг/л. Измерения массовой доли нефтепродуктов в воде, донных осадках и почве флуориметрическим методом проводились в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.21-98 на анализаторе жидкости «Флюорат-02» Диапазон измеряемых концентраций в донных осадках и почвах составляет 0,005-20 мг/г. Порог обнаружения метода для воды – 0,005 мг/л.

Содержание ПАУ в почве и донных отложениях определялось методом экстрагирования на жидкостном хроматографе HP-1090L (Hewlett-Packard, США) с ультрафиолетовым диодно-матричным детектором и параллельным детектированием на флуориметре "Spectraphysics" (Швеция) с возбуждением на 254, 280 или 320 нм и регистрацией флуоресценции за отсекающим фильтром 390 нм. Для анализа применяется колонка "Биохиммак-ПАУ-С16" (Россия-Австрия) длиной 25 см, диаметром 2 мм, наполненная сорбентом С-16 с размером зерна 7 мкм и

предколонка длиной 2 см с аналогичными параметрами. В качестве элюента используется градиент ацетонитрила в воде с изменением его концентрации от 60 до 100 процентов в течение 30 минут при общем расходе элюента 0.75 мл/мин. Математическая обработка хроматограмм производится с помощью оригинальной системы обработки данных "Hewlett-Packard".

При обработке полученных материалов применялся статистический анализ, который включал расчеты средних величин, дисперсии, стандартного отклонения, коэффициента вариации, ошибки среднего и т.д. по общеизвестным формулам. Для выявления основных процессов, оказывающих влияние на накопление загрязняющих веществ в почвах, проведены кластерный анализ (метод древовидной кластеризации) и факторный анализ методом главных компонент. Расчет осуществлялся с использованием программного обеспечения Statistica 10.0®™ компании StatSoft®™. Вычисление регионального геохимического фона проводилось в соответствии с правилом “трех сигм”. За региональный (локальный) фон принимают величину $M \pm \delta$, где M – среднее арифметическое содержание элемента в том или ином компоненте окружающей среды, δ – стандартное отклонение. Аномальным для исследованной территории является содержание $M + 2\delta$, а сильно аномальным больше $M + 3\delta$ (Беус и др., 1976; Kukushkin, 2011, Опекунова, 2011). Кларки концентраций микроэлементов в почвах были рассчитаны с использованием значений кларков литосферы по А.П. Виноградову (1962). Коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов растениями рассчитывались как отношение содержания элемента в индикаторных видах растений (сухое вещество) к его концентрации в почве (Перельман, 1975).

Статистический анализ обобщенных выборок производился исключительно по данным о химическом составе компонентов ПТК, проанализированных в одной лаборатории (с использованием одинаковых методик), что позволяло существенно снизить погрешность. Отдельно был проведен статический анализ полученных значений концентраций для выборок содержаний по различным лабораториям.

Для оценки закономерностей пространственного распределения загрязняющих веществ были построены геоинформационные системы с использованием программной среды MapInfo 9.5®™ и модуля Vertical Mapper 3.3®™.

В качестве сравнительного материала использовались опубликованные литературные данные по оценке состояния компонентов ПТК ЯНАО и севера Западной Сибири (Пиковский, 1981, 1988, 1993, 2003; Уварова 1989, 2010. 2011; Солнцева, Садов, 1997, 1998; Московченко, 1998, 2006, 2010; Сысо и др., 2001; Арестова, 2003; Сысо 2007; Московченко и др., 2008, 2011; Водяницкий 2011; Кремлева и др., 2012, 2013; Барышева, Кремлева, 2013; Опекунова, 2013; Сванидзе и др., 2014, и др.).

Таким образом, выбранные и использованные методы геоэкологических исследований позволяют в полной мере решить поставленные в работе задачи.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ МИГРАЦИЮ И АККУМУЛЯЦИЮ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В КОМПОНЕНТАХ ПТК

Исследованная территория характеризуется высокой контрастностью физико-географических условий.

2. 1 Геологическое строение и рельеф

Изученный район расположен в пределах молодой эпигерцинской Западно-Сибирской плиты. Нижний структурно-тектонический ярус образуют породы кристаллического фундамента, а верхний – толщу мезо-кайнозойского платформенного чехла. В основании платформенного чехла лежат юрские отложения, которые представлены континентальными, лагунными и морскими фациями общей мощностью до 1600 м. На верхнеюрских породах залегают отложения всех ярусов мела, которые перекрываются породами палеогена. Общая мощность осадков достигает 3000 м (Западная Сибирь, 1963; Природные условия..., 1972). В связи с особенностями осадконакопления, Западно-Сибирская равнина отчетливо подразделяется на три крупные части: 1) область преимущественно морской аккумуляции (территория к северу от Сибирских увалов); 2) область преимущественно ледниковой и приледниковой аккумуляции (территория приуральских и частично центральных районов); 3) внеледниковая область (территория южных районов, расположенная за пределами максимального распространения ледниковой и водноледниковой аккумуляции) (Лазуков, 1970).

Для севера Тюменской области характерно преобладание отложений: морского генезиса (морских, прибрежно-морских и ледово-морских); современные озерные, озерно-болотные, болотные и аллювиальные отложения (Геокриология СССР, 1989) (рис. 2.1). На исследованной территории преобладают озерно-аллювиальные песчано-глинистые и озерные, преимущественно глинистые, отложения. В пределах тундровой зоны Западной Сибири обычно четко не разграничиваются морены, флювиогляциальные, морские и озерные осадки, образующие особый водно-гляциальный комплекс, отличающийся тонкой слоистостью, выдержанностью фаций на большом расстоянии и редкой встречаемостью крупного валунного материала и галечников (рис. 2.2).

Минералогический состав почвообразующих пород не отличается большим разнообразием. Породы легкого механического состава представлены исключительно кварцевым песком, породы тяжелого механического состава представляют собой в основном такие минералы как: гидрослюда, хлорит, монтмориллонит, каолинит, гидрооксиды железа (Полуостров Ямал, 1975). Песчаные почвообразующие породы имеют по сравнению с суглинистыми значительно меньшую концентрацию микроэлементов (см. прил. табл.1 и 2). Увеличение содержания Cr и Ni

в озерно-аллювиальных отложениях обусловлено сносом с Урала пород, содержащих эти элементы. В породах мелового возраста, на участках, прилегающих к Полярному Уралу (район Салехарда), содержание Сг составляет в среднем 300 мг/кг, а Ni — 150 мг/кг, что значительно выше кларка литосферы (см. прил. табл.1 и 2). Высокое содержание Ва в отложениях морского генезиса связано с аккумуляцией этого элемента карбонатами (см. прил. табл. 3).

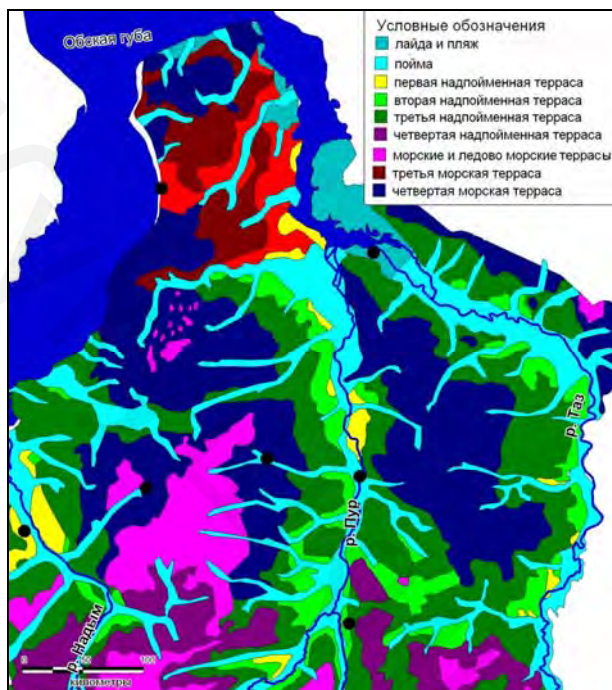


Рис. 2.1. Геоморфологическое строение исследованной территории (согласно Атласу ЯНАО, 2004)

В целом по сравнению с кларком литосферы почвообразующие породы Тюменской области отличаются довольно высоким содержанием Mn, Сг и Ва. Можно отметить высокое сходство микроэлементного состава позднеплейстоценовых и современных аллювиальных отложений. Значительные территории, сложенные песчаными почвообразующими породами различного генезиса (преимущественно водно-ледниковыми и аллювиальными), имеют недостаток большинства микроэлементов. К таким территориям относятся районы Нового Уренгоя и Надыма (Московченко, 1998, 2010).

Рельеф Западно-Сибирской тундры - равнинный, но имеется ряд специфических форм неровностей поверхности, например, различные типы бугристых торфяников, достигающие в лесотундре и южной тундре высоты 10-15 м. Широко распространены термокарстовые явления, при этом наиболее часто встречаются формы, возникшие при вытаивании сегрегационных повторно-жильных и инъекционных льдов. Мерзлотные формы рельефа распространены повсеместно - от междуречий до пойм - и проявляются в морозобойном трещинообразовании, пучении и термокарсте. В целом криогенные и посткриогенные процессы, определяют характер современного микро- и мезорельефа. Широко развитые процессы заболачивания приводят к выравниванию микропонижений за счет нарастания торфяников.



Рис. 2.2. Рыхлые песчанисто-глинистые отложения, Западно-Ярохинский ЛУ (фото автора)

Основные мезоформы рельефа - бугры пучения (рис. 2.3) и термокарстовые озера связаны с широким распространением многолетней мерзлоты, которая оказывает решающую роль в формировании современного рельефа. Процесс трещинообразования преобладает в торфяниках и минеральных грунтах, где имеются линзы и прослои льда в сочетании с низкими температурами. Данный процесс преобладает на возвышенных участках, с которых сдувается снег, в результате чего талая вода быстро замерзает в трещинках, разрушая почву и образуя полигональные формы (рис. 2.4). Полигоны имеют формы четырех-, пяти- и шестиугольников, покрытых мхами и лишайниками и окаймленных кустарничками.

Для северной тайги более характерны крупнобугристые торфяники, с максимальной высотой бугров до 10 м. Среди плоско- и крупнобугристых торфяников много термокарстовых озер. Друг от друга они часто отгорожены узкой бровкой торфа с линзами льда, которые могут протаивать, что приводит к спуску воды из озера. На дне спущенных озерных котловин талые отложения подвергаются промерзанию и пучению с образованием «булгуных». Такие формы встречаются практически повсеместно, кроме поймы.



Рис. 2.3. Бугры пучения, Кынско-Часельский ЛУ (фото автора).



Рис. 2.4. Полигональная тундра, мелкопочковатая кустарничково-лишайниковая тундра с пятнами-медальонами в междуречье рек Юрхарово и Хэбидяпаета, Юрхаровский ЛУ (фото автора).

Пур-Тазовская возвышенность (Кынско-Часельский, Хадыряхинский, Береговой, Яро-Яхинский, Северо-Часельский ЛУ) субмеридионального север-северо-западного простираия. По характеру строения разреза отложений выделяются три типа равнин: морского, аллювиального (речного) и озерно-аллювиального происхождения. В целом равнина сложена песками с гравием, галькой и валунами.

Центральная часть района исследований (Западно-Ярояхинский, Ево-Яхинский, Самбургский ЛУ), в основном, представлена монотонной толщей супесчано-суглинистых осадков и выглядят как чередование хорошо отсортированных глин, супесей и песков с отложениями мореноподобного облика – оскольчатými суглинками, суглинками и супесями, обогащенными песком, гравием, галькой и валунами (Васильевская и др., 1986).

В рельефе Юрхаровского и Северо-Самбургского ЛУ выделяются плоские, широковолнистые поверхности водораздельных плато, осложненные изолированными друг от друга уча-

сками пологохолмистого и холмистогрядового рельефа, изобилующего озерами. Низменность в целом покрыта мощной толщей четвертичных отложений. Почвообразующие породы представлены рыхлыми слоистыми отложениями, чередованием песков, супесей и суглинков.

Западно-Песцовый ЛУ, Надымский ЛУ и Северо-Парусовый ЛУ расположены в Иртышско-Обской области Надымского блока низких и средневысотных неравномерно расчлененных морских и аллювиально-озерных террас. Западно-Песцовый и Северо-Парусовый ЛУ находятся в пределах четвертой морской и лагунно-лайдовой равнины с абсолютными отметками до 50-85 м. Часто встречаются относительно крутые склоны речных долин и уступы. В целом для территории характерно очень сильное линейное расчленение (долинами, балками, ложбинами и оврагами) рельефа.

Таким образом, рельеф исследованной территории отличается малыми перепадами высот, а почвообразующие породы представлены осадочными отложениями различного генезиса. Химический состав подстилающих пород в основном зависит от типа механического состава: в районах, сложенных песчаными породами (преимущественно водно-ледниковыми и аллювиальными отложениями) возможен недостаток большинства микроэлементов.

2.2 Климатические условия

Особенности климата рассматриваемой территории обусловлены ее северным положением и незначительным притоком солнечной радиации, а также повышенной циклонической деятельностью и равнинным характером подстилающей поверхности. Формируется климат под влиянием западной циркуляции, которая зимой развита больше в северной части зоны, а летом – в южной. Влияют на формирование климата многолетняя мерзлота, близость холодного Карского моря, глубоко врезающиеся в сушу морские заливы и губы, обилие болот, озер и рек. Не меньшее воздействие оказывает континент, что проявляется в хорошо выраженных зимне-летних особенностях трансформации воздушных масс и континентальности климата (Ямало-Гыданская область....., 1977).

Зимой давление над Карским морем ниже, чем над сильноохлажденной материковой поверхностью, поэтому преобладают ветры с юга и юго-запада. Летом, наоборот, чаще дуют северные ветры от холодного Карского моря к нагретой суше. Особо сильные ветры характерны для открытых пространств тундры. Скорость их нередко превышает 30 м/сек.

В течение семи-восьми месяцев температура воздуха отрицательная, поэтому среднегодовая температура воздуха на всей территории района имеет отрицательные значения и колеблется в пределах $-7 \div -8^{\circ}\text{C}$, годовые амплитуды температуры превышают 40 градусов. Причем суровость зимы нарастает не с юга на север, а с юго-запада на северо-восток (см. прил. табл. 4).

Характерной чертой температурного режима является длительность периода с устойчи-

выми морозами более 230 дней, постепенно уменьшаясь к югу округа до 180. Заморозки возможны во все летние месяцы без исключения. Средняя продолжительность безморозного периода в Заполярье составляет 50-65 дней, в отдельные годы сокращается до 30; на остальной территории - 70-50 дней (Атлас..., 2004). Из-за быстрой смены областей низкого и высокого давления в зимнее время наблюдаются резкие колебания температуры воздуха в течение дня, достигающие 15-20°C.

Количество и характер атмосферных осадков зависят от географического положения округа и от особенностей атмосферной циркуляции. Наименьшие годовые суммы осадков наблюдаются на побережье - около 300 мм, что связано с малым влагосодержанием арктических воздушных масс, к югу суммы осадков возрастают и в Заполярье составляют 350-400 мм; К югу от Полярного круга суммы осадков равны 400-450 мм. Наибольшее количество осадков (450-500 мм) отмечается в средней и верхней частях бассейнов рек Пур и Таз, что связано с траекториями перемещения западных и южных циклонов (Атлас..., 2004). Годовой ход осадков относится к континентальному типу. Максимальное количество осадков выпадает в июле-августе, в прибрежных районах – в сентябре. В целом на период с мая по сентябрь приходится 55 – 65 % от всего количества осадков. На долю твердых осадков приходится в среднем 30-40% от годовой суммы, в прибрежных районах до 50% (Атлас..., 2004).

Максимальное количество осадков, выпадающих в твердой фазе (снег), приходится на первую половину зимы и связано с сильными ветрами юго-западного направления. С января по март количество осадков невелико из-за господствующего антициклонального типа погоды. Мощность снежного покрова убывает при движении с севера на юго-восток района от 90 см до 70 см. На безлесных участках с сильной изрезанностью рельефа снежный покров залегает крайне неравномерно. С повышений и открытых участков снег сдувается в понижения и долины рек

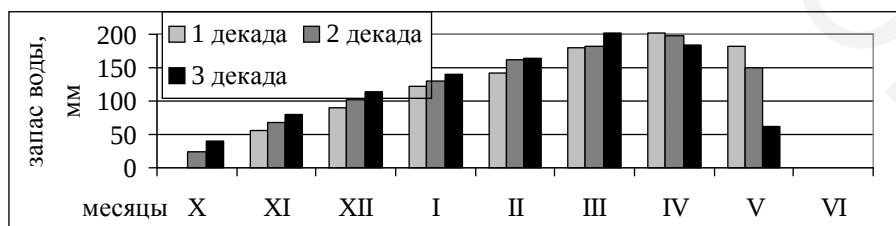


Рис. 2.5. Запас воды в снежном покрове по снегомерным съемкам на последний день декады, метеостанция г. Новый Уренгой (Атлас..., 2004).

и ручьев. Здесь он отлагается в виде мощных сугробов, которые растаивают полностью лишь в июне (рис. 2.5).

Климатические особенности исследованной территории, особенно температурный режим почв, тесно связаны с характером распространения многолетнемерзлых пород. В долинах крупных рек, мерзлота имеет островной характер распространения.

Таким образом, главными особенностями климата являются суровая продолжительная зима с длительными морозами и устойчивым снежным покровом, непродолжительное и холодное лето, короткие переходные периоды (особенно весна), поздние весенние и ранние осенние

заморозки, кратковременный безморозный период. По соотношению средних месячных температур и количества осадков регион характеризуется избыточным режимом увлажнения в течение всего года. Особенностью погодных условий является их большая изменчивость по годам.

2.3. Гидрография

Гидрографическая сеть рассматриваемой территории представлена реками, ручьями, озерами и болотами. Обилие водоемов объясняется сравнительно большим количеством атмосферных осадков, малой их испаряемостью, наличием многолетней мерзлоты и равнинностью рельефа. Кроме вод, заключенных в поверхностных водоемах, часть влаги находится в твердом состоянии в виде ледяных включений в рыхлых мерзлых породах. В целом, территория отличается высокой влагонасыщенностью.

Характерная гидрологическая особенность района - преобладание поверхностного стока. Доля подземной составляющей в речном стоке мала. В связи с повсеместным развитием многолетней мерзлоты через почву проходит или задерживается в ней лишь небольшое количество влаги, которое расходуется на питание подземных вод.

Главным гидрографическим объектом района являются реки. Большинство рек берет начало в болотах и озерах или протекает через них. Водосборные площади сильно заболочены. Все реки исследованной территории принадлежат к бассейнам рек: Таз, Пур и Надым.

Территория Кынско-Часельского участка ЛУ и Тазовско-Заполярного ЛУ относятся к бассейну реки Таз - судоходной реки протяженностью 1401 км, с общей площадью водосбора 150 тыс. км². В реку впадает 231 приток (притоки длиной более 10 км) (Атлас..., 2004). Непосредственно через территорию Кынско-Часельского ЛУ протекает небольшая судоходная река Часелька, которая является притоком р. Таз. На северо-востоке территорию Тазовско-Заполярного ЛУ пересекает р. Таз.

Второй крупной рекой исследованной территории является р. Пур (рис. 2.6) - крупная



судоходная река, по которой осуществляется доставка большого количества грузов как на территории различных месторождений, так и в населенные пункты (поселки Старый Уренгой, Коротчаево и Тазовский). Протяженность реки составляет 1024 км, площадь водосбора составляет 112 тыс. км², общее количество притоков длиной более 10 км – 116 (Атлас..., 2004).

Рис. 2.6. Река Пур в районе Западно-Ярохинского ЛУ (фото автора).

К бассейнам реки Пур принадлежат исследованные территории Западно-Ярояхинского, Яро-Яхинского, Северо-Часельского, Берегового, Пырейного, Северо-Самбургского, Самбургского, Хадырьяхинского, Ево-Яхинского и Северо-Пуровского ЛУ.

Западно-Песцовый, Парусовый, Южно-Парусовый и Северо-Парусовый ЛУ расположены на берегу Обской губы. Через территории этих ЛУ протекают несколько малых рек (Нгарка-Табьяха, Плохой Юнга, Лайяха и др.).

Реки исследованной территории типично равнинные. Большинство из них характеризуются средней извилистостью. Ширина долин больших рек варьирует в пределах от 200-300 м в истоках, до 1 км и более в устьевых участках. Величина продольных уклонов незначительна, за исключением рек (или их участков), протекающих в районах увалов и гряд. Руслу рек обычно слабо врезаны и имеют (вследствие боковой эрозии) корытообразную форму. Особенно интенсивное разрушение берегов бывает в период весеннего половодья.

Преобладание в течение года отрицательных температур воздуха влияет на продолжительность периода стока. В среднем он составляет 6-7 месяцев на больших реках. Сток во время весеннего половодья осуществляется почти полностью за счет талых снежных вод. Доля снежного питания в годовом стоке рек составляет от 40 до 80 % (Атлас..., 2004).

Основные гидрологические сезоны в районе - весеннее половодье, летне-осенний паводок и зимняя межень. После продолжительного периода зимней межени с очень низким стоком на реках наступает весеннее половодье, пик которого на севере района падает на начало лета. На этот период приходится 80 % годового стока рек лесотундры (рис. 2.7). В зимнюю межень сток незначителен и к концу зимы на малых водотоках из-за промерзания прекращается совсем.



Рис. 2.7. Распределение стока по сезонам, (Атлас..., 2004).

В таежной зоне половодье сильно растянуто. Дождевые паводки в летне-осеннюю межень накладываются на волну половодья, значительно удлиняя его. Но по продолжительности и интенсивности они уступают половодью. На период зимней межени приходится 5-10 % объема годового стока. Минимальные уровни наблюдаются с декабря по апрель. Средний слой стока половодья составляет 350-375 мм (Атлас..., 2004).

Семь - восемь месяцев в году водоемы покрыты льдом. Наиболее вероятные сроки появления льда на большинстве рек - вторая декада октября. Ледостав продолжается - 180-200 дней. Толщина льда в апреле достигает 80-90 см. Многие водоемы промерзают полностью.

Исследованная территория характеризуется значительным количеством озер (несколько сотен тысяч), однако 98% озер имеют площадь $<1 \text{ км}^2$. Наиболее крупным является озеро Чертово - 111 км^2 , расположенное в Красноселькупском районе. Распределены озера по территории неравномерно. Озера мелководны - до 2-3 м и лишь некоторые имеют глубину до 20-25 м.

Озера разнообразны по своему происхождению, размерам, минерализации и химическому составу, водному и ледовому режиму, ресурсам. Большинство озер имеют термокарстовое происхождение, образование которых обусловлено просадкой грунта в результате таяния льда в нем. Широко распространены вторичные озера, возникающие на месте заросших озер и на болотах, и пойменные (озера-старицы) в речных долинах.

Основной источник питания озер, как и рек - талые воды; в меньшей степени питание осуществляется за счет дождей. Роль грунтовых вод в питании озер незначительна и для многих малых озер подземное питание наблюдается только в теплый период года. Почти во все сточные и бессточные озера приток талых вод происходит с незначительных по площади водосборов. Исключением являются проточные озера - в них талые воды поступают из бассейнов, впадающих в них рек.

Средняя мощность ледового покрова к концу зимы составляет 1 м, уменьшаясь в мягкие зимы до 80 см и увеличиваясь в суровые до 1,3 м. Подавляющая часть озер расположена в окружении болот.

По химическому составу воды рек бассейна Таза и Пура принадлежат к гидрокарбонатному классу с минерализацией до 200 мг/л (в период летней межени). Воды бассейна р. Пур относятся к гидрокарбонатно-натриевому классу, а воды бассейна р. Таз – гидрокарбонатно-кальциевому (Атлас..., 2004). По существующей классификации все воды изученных водных объектов относятся к группе ультрапресных до 200 мг/л. (см. прил. табл. 5).

Малая минерализация поверхностных вод обусловлена особенностями климата (обилие осадков, малое испарение, низкие температуры воздуха), наличием толщи многолетнемерзлых пород, ограничивающих поступление в реки и озера более минерализованных подземных вод, а также характером почвенного покрова с хорошо промытыми и бедными солями почвами. Среднегодовая минерализация вод исследованной территории находится в пределах 40-80 мг/л (см. прил. табл. 5). Многими исследователями отмечается, что влияние морских атмосферных осадков может являться основным источником поступления солей в поверхностные воды региона (Елин, 2000, Смоляков, 2000; Сысо и др., 2001, Моисеенко и др., 2012).

На химический состав поверхностных вод севера Западной Сибири большое влияние оказывают воздушные массы, поступающие с территории Северного Ледовитого океана, степень гумификации органического вещества в почвенном покрове водосборных территорий, а так же поступление химических веществ из горных пород (Московченко, 1998, 2006; Сысо и др., 2001; Кремлева и др., 2013, Сванидзе и др., 2014).

Фоновое содержание микроэлементов в поверхностных водах исследованной территории характеризуется крайне высокими концентрациями ряда ТМ (см. прил. табл. 6), что определяется поступлением микроэлементов из горных пород и высокой геохимической активностью

ТМ. Наиболее высокими фоновыми содержаниями характеризуются Mn, Zn и Cu. В целом микроэлементы в поверхностных водах севера Западной Сибири характеризуются высокой геохимической активностью, особенно Mn и Fe (Западная Сибирь, 1963; Гидрогеология СССР, 1970; Природные условия ..., 1972; Московченко, 1998, 2006; Сысо 2007; Гусева, Копылова, 2009; Опекунов и др., 2012; Барышева, Кремлева, 2013; Кремлева и др., 2013, 2014).

Таким образом, можно сказать, что воды рек и озер севера Западной Сибири характеризуются в естественных условиях высокими концентрациями большей части микроэлементов (Опекунов и др., 2007, 2012; Московченко и др., 2008; Гусева, Копылова, 2009; Московченко, 2010; Кремлева и др., 2012, 2014; Паничева и др. 2013; Хорошавин, Ефименко, 2014; Агбалян, Шинкарук, 2015; Манасыпов, Лим, 2015) и низким содержанием солей (Алекин, 1970; Михайлова и др., 1988; Михайлова, 1991; Уварова, 1995; Московченко, 2003).

2.4. Почвы

По почвенно-географическому районированию территория ЯНАО находится в Полярном (арктическом) и Бореальном географических поясах (Добровольский и др., 1983, 1986). В соответствии с почвенно-географическим районированием (Почвы СССР, 1979; Герасимова, 1987) исследованная территория расположена в пределах Западно-Сибирской провинции глеево-слабоподзолистых и иллювиально-гумусовых почв, северотаежной подзоны глеево-подзолистых почв.

Почвенный покров характеризуется чрезвычайной пестротой и сложностью, обусловленной особенностями биоклиматических, литолого-геоморфологических и гидрологических условий, и представлен почвенными комплексами и сочетаниями различных типов и подтипов почв, дифференцированных по микрорельефу (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас..., 2004).

На исследованной территории распространены в основном следующие типы почв и их сочетания: подзолистые, глеевые, торфяные, болотные и аллювиальные почвы (рис. 2.8). Характерной чертой почвенного покрова территории исследований является его комплексность и мозаичность. Подзолистые почвы и их разновидности распространены, главным образом, вдоль рек Таз, Пур и их крупных притоков на приречных хорошо дренированных участках, сложенных песчаными и супесчаными почвообразующими породами (наиболее распространены моренные, озерные и флювио-гляциальные отложения). На исследованной территории можно выделить несколько типов подзолистых почв: подзолы иллювиально-железисто-гумусовые, подзолы иллювиально-гумусовые, подзолы иллювиально-железистые, подзолы торфянисто-глеевые иллювиально-гумусовые. Подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-железисто-гумусовые

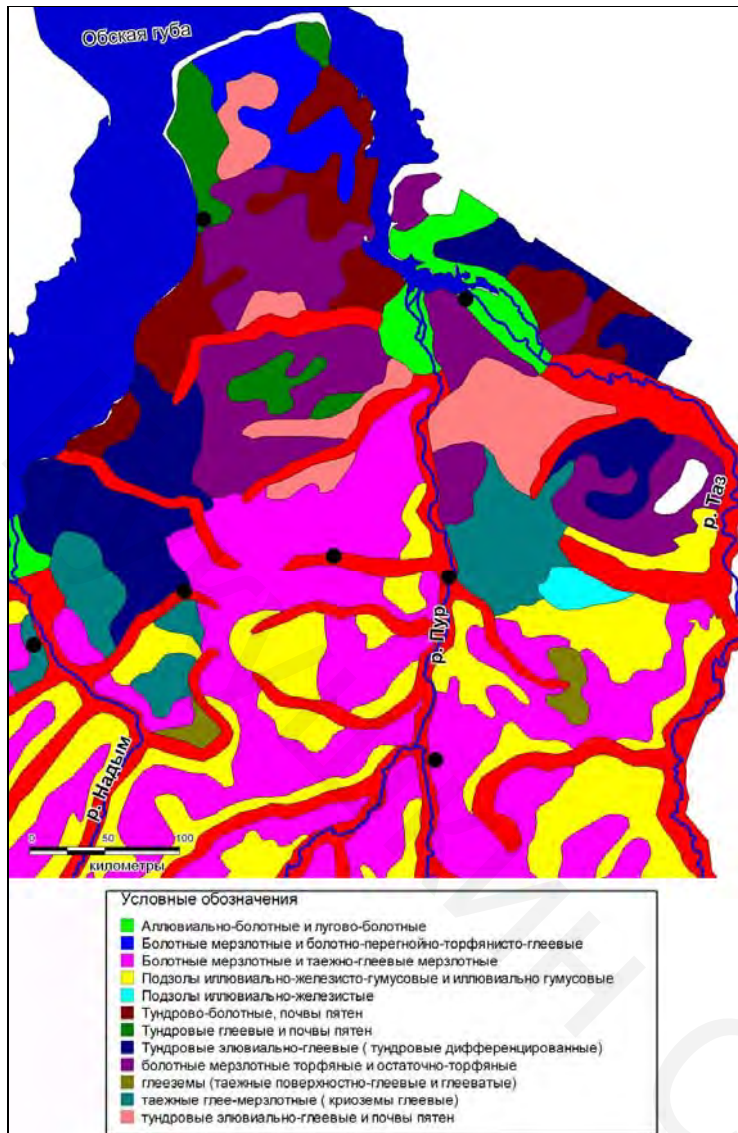
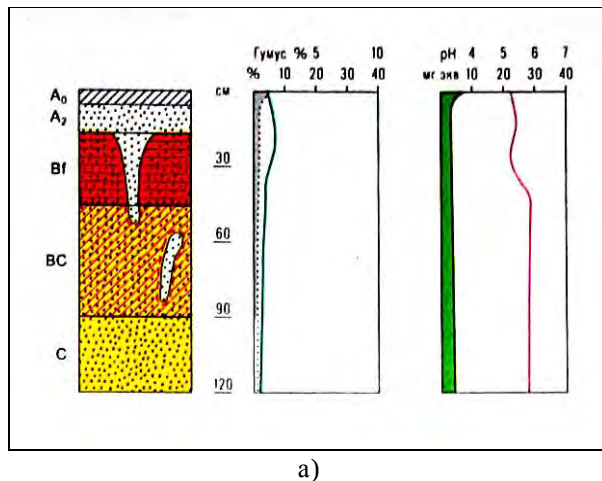
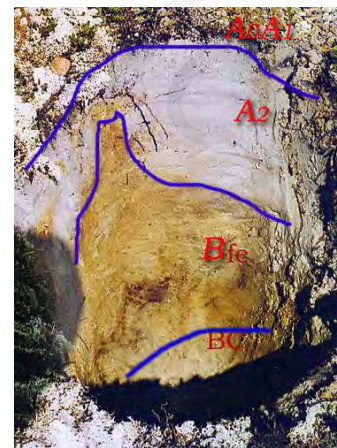


Рис. 2.8. Почвенный покров исследованной территории (согласно Атласу ЯНАО, 2004)

до 120-180 см. Обычно растянуты горизонты ВНФ и. Почвы малогумусные – 0,3-2% в горизонтах О (A_0A_{11} и ВНФ (B_1)) состав гумуса преимущественно гуматно-фульватный, кислотность высокая ($pH_{сол} 3,0-4,7$) (Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас., 2004).



а)



б)

Рис. 2.9. Подзол иллювиально-железистый а) профиль подзола иллювиально-железистого (Атлас, 2004); б) почвенный разрез подзола иллювиально-железистого, Западно-Яростинский ЛУ (фото автора)

имеют четко выраженные генетические горизонты (рис 2.9). Под рыхлой, слабо разложившейся подстилкой горизонт О (A_0A_1) (1-4см) выделяется белесый или серовато белесый бесструктурный подзолистый горизонт Е (A_2) мощностью 2-20 см в зависимости от характера мезо- и микрорельефа. В понижениях и на плоских участках мощность наибольшая. Горизонт рыхлый, переход резкий неровный или языковатый. Иллювиальный горизонт B_{fh} окрашен желто-бурый, буро-желтый, коричнево-охристый, охристо-желтый цвет. Наиболее интенсивно окрашен верхний иллювиальный подгоризонт ВНФ (B_{1fh}). Под языками горизонта Е (A_2) нередко находятся плотные темно-бурые или ярко-ржавые прослойки. Мощность почв колеблется от 60-75 см С

Подзолы иллювиально-железистые распространены преимущественно в подзоне северной тайги. Строение профиля иллювиально-железистого подзола в целом сходно с иллювиально-железисто-гумусовым (рис 2.10). Для почв характерна кислая и очень кислая реакция, низкая



Рис. 2.10. Подзол иллювиально-железистый, Западно-Яряхинский ЛУ (фото автора).

емкость поглощения, высокая степень ненасыщенности почвенно-поглощающего комплекса. Формируются на олигомиктовых песках. Характеризуются относительно светлой окраской иллювиального горизонта, содержащего не более 2-3% гумуса. Количество гумуса в подзолистом горизонте составляет около 0,5-1%. Содержание оксалоторастворимых форм оксидов железа и алюминия менее 1%. (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас..., 2004). Особенности морфологического строения этого типа почв исследованной территории представлены на примере разреза №4, заложенного и описанного на территории Западно-Яряхинского ЛУ.

Подзол иллювиально-железистый на песчаных отложениях

Местонахождение: Западно-Яряхинский ЛУ, ЭП 5, Левый берег ручья в 750 м к В от скважины 406. Лиственничник лишайниковый с пятнами медальонами. Преобладают: лиственница *Larix sibirica* Ledeb, ерник *Betula nana* L. , лишайник *Cladonia alpestris* (L.) Rubh.

О (A_0A_1) 0-2см – состоит из слабо разложившихся остатков хвои, листьев и мелких веточек, рыхлый, влажный. Переход постепенный, заметный по плотности и степени разложения растительных остатков, граница волнистая.

Е (A_2) 2-4см (2см) – пепельно-серый, почти белый, супесчаный, с небольшим количеством корней, рыхлый, бесструктурный. Переход постепенный, заметный по плотности и цвету, граница языковатая.

BF (B_{1f}) 4-19см (15см) – буро-охристый, плотный, пронизан корнями, вкрапления темно-ржавого цвета. Переход ясный, заметный по цвету и структуре, граница волнистая.

BF₂ 19-50см (30см) палевый, супесчаный, неплотный, бесструктурный, переход ясный, заметный по цвету. граница ровная.

С 50см – светло-серый песок

Глеевые почвы в территориально-пространственном аспекте являются доминирующими на водораздельных пространствах.

Глееземы торфянистые формируются на суглинистых породах по пониженным элемен-

там рельефа под заболоченными лесами, окаймляющими болота и гривы. Профиль состоит из торфяного или торфяно-перегнойного горизонта мощностью до 20-30 см. Максимум оглеения прослеживается под органогенным горизонтом или непосредственно над мерзлотным экраном. Реакция почв кислая или сильноокислая. Минеральная толща пропитана на большую глубину подвижными слабоокрашенными гумусовыми соединениями и аморфными полуторными окислами.

Таежные глее-мерзлотные почвы (криоземы глеевые) развиваются в плакорных условиях на плоских элементах рельефа под лиственнично-еловыми кустарничковыми рединами на тяжелых по механическому составу почвообразующих породах. Интенсивное, устойчивое оглеение почвенного профиля происходит, в основном, за счет поверхностного увлажнения при наличии близкой льдистой мерзлоты в плохих условиях дренажа. Почвы встречаются самостоятельными ареалами, но особо большие площади занимают в комплексах с болотными мерзлотными почвами на водоразделах крупных рек и их притоков в северотаежной подзоне. В начале почвенного профиля расположен торфянисто-перегнойный с грубым гумусом горизонт О (АтА), мощностью 5-15 см (рис. 2.11) и ниже недифференцированный (морфологически и химически) переувлажненный глеевый горизонт G грязно-серой или бурой окраски. Профиль замыкает горизонт льдистой мерзлоты. Нередко

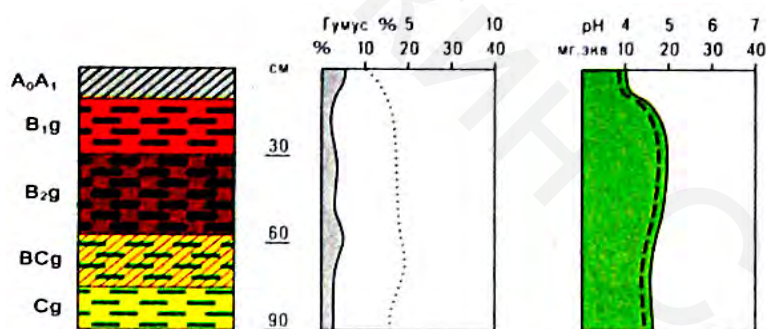


Рис. 2.11. Профиль таежной глее-мерзлотной почвы, (Атлас..., 2004)

встречаются признаки и криогенных явлений: тиксотропность, перемешивание почвенных масс, трещиноватость. Отличаются слабой биологической активностью (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986).

Болотные (торфяные) почвы встречаются во всех типах ландшафтов. Торфяные почвы характерны для недренированных плоских междуречий, сложенных суглинистыми и слоистыми рыхлыми наносами и покрытых торфяниками различных типов. Можно выделить торфяные почвы, весь профиль которых развит в органогенной толще торфяной залежи, и торфяно-глеевые почвы.

Торфяные олиготрофные и торфяные олиготрофные глеевые почвы формируются, главным образом, на водоразделах в условиях увлажнения пресными атмосферными водами под олиготрофной растительностью, произрастающей при почти полном отсутствии кислорода в воде, крайне небольшом количестве питательных элементов и сильноокислой реакции. Профиль представлен следующим образом: сфагновый очёс из неразложившихся стебельков сфагновых мхов с примесью корневищ кустарничков мощностью 10-15 см; горизонт ТО и ТТ - торфяной, по степени разложения иногда подразделяется на два или три подгоризонта; горизонт G - глеевый минеральный (рис. 2.12). Для почв характерны: высокая кислотность (pH- 2,5-3,8), низкая

зольность торфа (2,4-6,5%). Степень разложения до 20-25%, небольшая плотность почвы, высокая влагоемкость (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас..., 2004).

Болотные мерзлотные (торфяные и остаточнo-торфяные) почвы широко распространены в лесотундре и северной тайге в междуречьях Надым-Пур-Таз, где они занимают обширные территории в комплексе с таежными

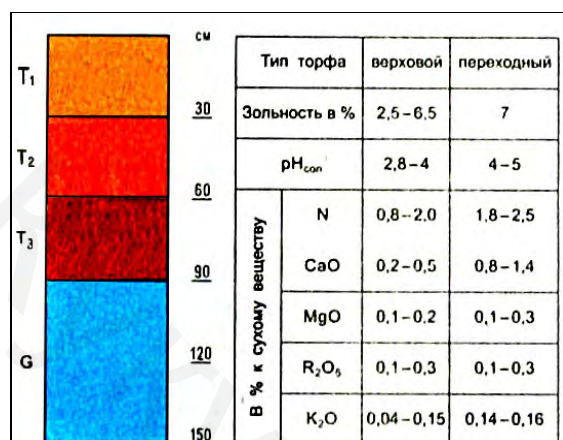


Рис. 2.12. Профиль торфяной олиготрофной глеевой почвы, (Атлас..., 2004).

гров с обширными мочажинами. Торфяные бугры имеют высоту до 1-2 м (реже более) и в поперечнике 15-30 м, пологие склоны («плоские бугры») и мелкобугорковатую поверхность. Они развиваются в автоморфных условиях; при близком залегании вечной мерзлоты (40-50 см) и считаются древними образованиями. Их современная растительность, генетически не связана с торфяным субстратом. Эти бугры в настоящее время вышли из болотного режима, современного торфообразования не происходит, и торфяная масса в них деградирует. Для бугров характерны растрескивание поверхностных торфянистых горизонтов, их иссушение и дефляция (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас..., 2004).

Пойменные почвы формируются, главным образом, под влиянием азонального аллювиального процесса. Для них характерно регулярное отложение твердого материала и заливание их паводковыми водами. Почвообразование в пойме зависит от возраста и механического состава аллювиальных отложений, степени дренированности отдельных элементов рельефа поймы и определяется относительно глубоким сезонно талым слоем (СТС). На более дренированных участках развиты пойменные почвы с признаками дифференциации минеральной толщи, на менее дренированных - в разной степени оглеенные и заторфованные пойменные почвы (Васильевская, 1986). Почвенный покров долин рек и ручьев очень пестрый, сложный, мозаичный в связи с постоянным меандрированием речного русла и миграцией различных частей поймы (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас..., 2004).

Аллювиальные почвы формируются на возвышенных элементах рельефа поймы, при глубоком залегании грунтовых вод и преимущественно на аллювии легкого механического состава, часто слоистом. Расположены, главным образом, в прирусловой части поймы и по гривам центральной поймы. Среди этих почв наиболее распространены: аллювиальные слоистые

глее-мерзлотными почвами. Морфологические различия между верховыми, переходными и низинными торфянисто- и торфяно-болотными мерзлотными почвами весьма незначительны. Мощность торфа в южных тундрах часто превышает 1 м, а в северных (арктических) - обычно 40-60 см. Для этих почв характерно чередование торфяных бугров

стые слаборазвитые почвы (рис. 2.13). Гумусонакопление слабое и прерывистое, содержание гумуса не более 1-2 %, мощность гумусового горизонта W не превышает 3-5 см, а чаще он совсем отсутствует. В профиле выделяют: горизонт АУ (Ad)-3-4 см, темно-серый, переплетен корнями; горизонт А₁ - 10-30 см, серый с бурым оттенком и редкими охристыми пятнами. По реакции почвы слабокислые и кислые, (Васильевская, 1986). Для морфологической характеристики данного типа почв исследованной территории на территории Юрхаровского ЛУ был заложен почвенный разрез №1.



Рис. 2.13. Профиль аллювиально-слоистой почвы под разреженным ивняком на высоком берегу реки на песчаных отложениях, Юрхаровский ЛУ (фото автора)

Аллювиально-слоистая почва слаборазвитая. Местонахождение: Юрхаровский ЛУ, Правый берег старицы р.Монгаюрбэй. Обрывистый берег высотой 2,5-3 м, разреженный ивняк вейниковый на высоком берегу реки на песчаных отложениях.

W (А₁) – практически отсутствует.

EL₁ (B) (0-28 см) – серовато-палевый с бежевым оттенком, уплотненный, супесчаный, свежий. Переход ясный по цвету, граница ровная.

EL₂ (BC) (28-48 (51) см) - светло-палевый с белесоватым налетом, супесчаный, влажный, тонкопористый, непрочно комковатый, пронизан корнями. Хорошо заметна горизонтальная слоистость: переслаивание супесчаных и легкосуглинистых линз. Переход заметный по цвету, граница четкая. Хорошо выражена горизонтальная слоистость. Переход заметный по цвету и механическому составу. СТС до 130 см.

C (150- см) – серовато-голубоватый, глинистый, мерзлый.

Аллювиальные почвы, формирующиеся в условиях длительного паводкового и устойчивого атмосферно-грунтового увлажнения под травянистой или древесно-кустарниковой растительностью, приуроченные к притеррасной пойме, а также к участкам центральной поймы с близким залеганием грунтовых вод, характеризуются накоплением органических веществ в виде торфа или чаще иловато-перегнойной массы, развитием интенсивного оглеения и гидрогенной аккумуляции веществ. Почвы представлены двумя подтипами: иловато-прегнойно-глеевыми и иловато-торфяными. Иловато-перегнойно-глеевые представляют собой сильно насыщенную водой оглеенную иловатую массу, легко оплывающую, нерасчлененную на горизонты.. Реакция почв кислая (Почвы СССР, 1979; Добровольский и др., 1983, 1986; Атлас..., 2004).

Специфической особенностью тундровой, лесотундровой и северо-таежной зон является контрастность окислительно-восстановительных условий. Для заболоченных участков типична кислая - восстановительная обстановка, переходящая в нижних горизонтах в глеевую, для автоморфных - окислительная среда в верхних горизонтах, обедненных гумусом и илистой фракцией (Васильевская, 1980). В кислых, холодных, переувлажненных и малогумусных почвах V, Zn, Cu, Ni, Co, Cd, As находятся в подвижных формах, легко мигрируют и вовлекаются в биологический круговорот. Низкой подвижностью в этих условиях обладают Ba, Pb, Mn и Cr. Немежлотная таежная зона, имеет недостаток в почвах таких элементов, как Co, V, при оптимуме Si, Zn и B. При этом отмечена тенденция к возрастанию содержания Cu в нижней части профиля подзолисто-элювиально-глееватых почв. Основным биогеохимическим процессом является накопление марганца в верхней части гумусового горизонта (Макеев, 1973).

Сравнение средних значений содержания ТМ в почвах с кларком литосферы по А.П. Виноградову (1962) с различными данными по содержанию ТМ и As в почвах севера Западной Сибири (см. прил. табл. 7) показывает, что почвы исследованной территории в целом характеризуются низким содержанием всех химических элементов. Концентрация большинства ТМ ниже кларковых и средних значений для почв севера Западной Сибири - в 3-9 раз.

Одним из факторов, влияющих на формирование химического состава почв тундровой зоны, является биологическое накопление Mn, Ba, Zn с последующим их закреплением в торфяном горизонте (см. прил. табл. 7). Важную роль играет также глеевый геохимический барьер, на котором меняются окислительно-восстановительные условия, и происходит трансформация миграционной активности химических элементов. Биологическое накопление и закрепление на торфяном геохимическом барьере обуславливает высокое содержание этих элементов в торфяно-глеевых и торфяно-болотных почвах по сравнению с другими типами почв (Московченко, 1998). В болотных почвах накопление Mn, Cu, Zn и Pb является биологическим процессом, а не следствием техногенного поступления их в ПТК (Нечаева, 1988).

Подзолы иллювиально-железистые отличаются пониженным содержанием большинства ТМ (см. прил. табл. 7). Это связано с различными факторами: низкими концентрациями в минеральной основе, незначительным содержанием органических веществ в аккумулятивных горизонтах, выносом веществ в иллювиальные горизонты за счет интенсивного промывного режима.

В целом содержание ТМ слабо дифференцировано по почвенному профилю. Такое радиальное распределение микроэлементов характерно для почв севера Западной Сибири. Для пойменных аллювиальных слоистых и дерновых почв характерно увеличение концентраций: Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cr, V в нижележащих горизонтах (рис 2.14 и 2.15).

Распределение ТМ в профиле иллювиально-железистых подзолов имеет отчетливо выраженный элювиально-иллювиальный характер и в целом коррелируется с распределением гумусо-

вых веществ, оксидов железа и алюминия (рис. 2.15). Дифференциация поверхностной части профиля по содержанию Си, Cr, Ni связана с разрушением минералов и перемещением илистой фракции, которая в незначительных количествах присутствует в подзолистых почвах. Исключение составляют Мп, Zn, Ва и Рb, распределение которых в профиле, имеет вид убывающей кривой. Высокое содержание этих элементов связано с биологическим накоплением (Московченко, 1998). В верхних, торфянистых горизонтах тундрово-глеевых почв содержание всех ТМ максимальное, а в торфяно-болотных почвах Ва и Zn. В аллювиальных почвах только содержание Мп имеет максимальную концентрацию в торфянистых горизонтах, содержание остальных ТМ слабо дифференцировано по генетическим горизонтам (рис 2.14 и 2.15).

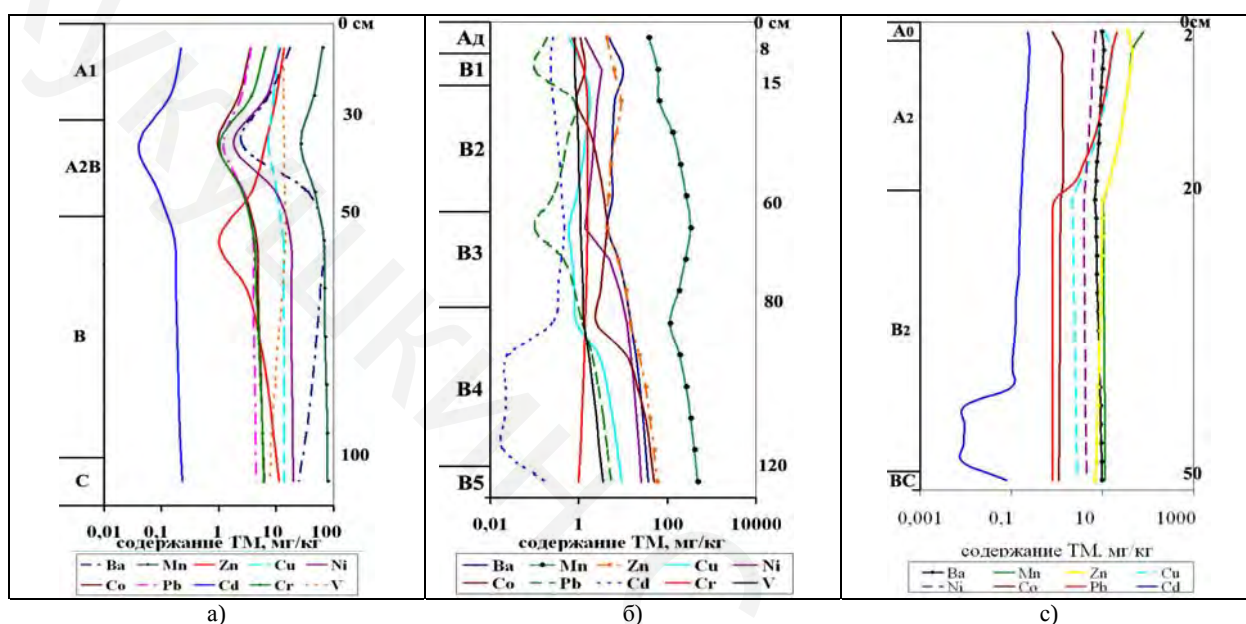


Рис. 2.14. вертикальное распределение ТМ по почвенному профилю
а)-профиль слоистой аллювиальной почвы, р. Монгаюрбэй, Юрхаровский ЛУ
б)-профиль слоистой аллювиально-дерновой почвы, р. Пур, Северо-Пуровский ЛУ
с)-профиль подзола иллювиально-железистого, Западно-Ярояхинский ЛУ

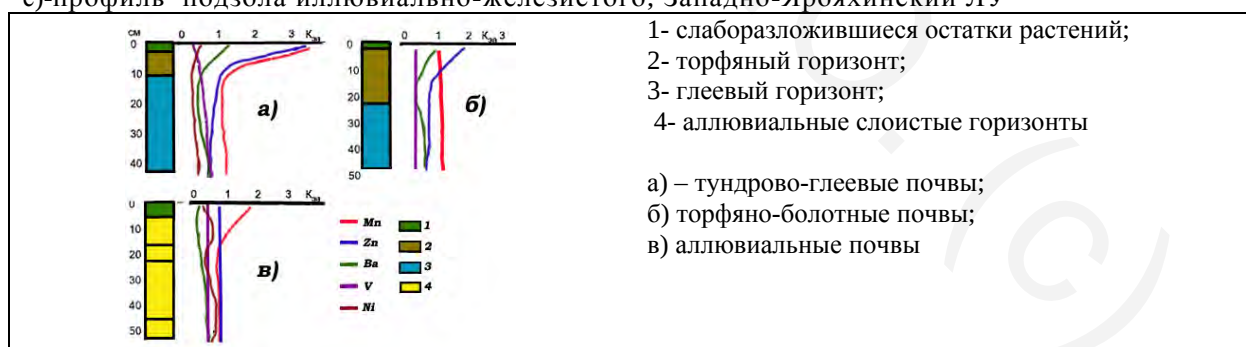


Рис. 2.15. Распределение ТМ по профилю почв, п-ов Ямал по Д.В. Московченко, 1998.

Таким образом, можно сказать, что почвенный покров исследованной территории характеризуется сложным мозаичным строением. Преобладающими типами почв являются: иллювиально-железистые подзолы, торфяно-глеевые и торфяно-болотные почвы, тундровые элювиально-глеевые почвы и аллювиальные слоистые почвы. Содержание ТМ в почвах ниже кларковых значений, а зачастую и ниже средних значений концентраций ТМ для почв севера Западной Сибири, при этом содержания микроэлементов отличаются значительной вариабельностью.

2.5 Растительность

Согласно Карте Растительности Западной Сибири под ред. В.Б. Сочавы и И.С. Ильиной (1976) исследованная территория относится к бореальной растительности Обь-Иртышской формации Урало-Сибирской фратрии формаций. Растительность представлена северотаежными редкостойными плакорными сообществами, пойменными сообществами, пойменными лесами и плоско- и среднебугристыми комплексными болотами и тундрами (рис 2.16).

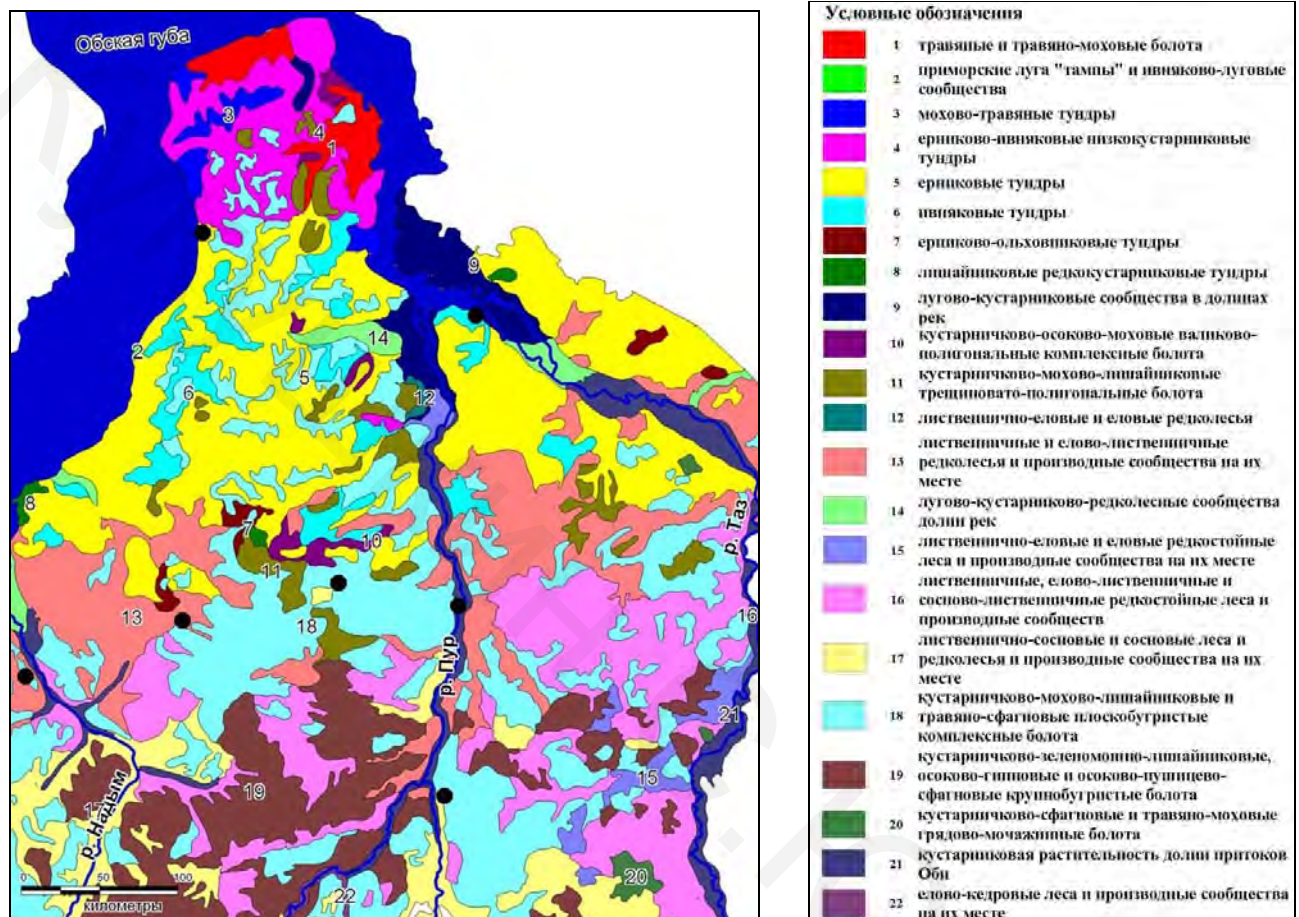


Рис. 2.16. Растительный покров исследованной территории (на основе карты растительного покрова Западно-Сибирской равнины, Ильина и др., 1985)

Юрхаровский, Северо-Парусовый и Западно-Песцовый ЛУ, согласно ботанико-географическому районированию, относятся к Гыданскому округу Ямало-Гыданско-Западнотаймырской подпровинции субарктических тундр (Александрова, 1977). На карте Растительности Западной Сибири под ред. В.Б. Сочавы и И.С. Ильиной (1976) данный район находится в подзоне тундр субарктических западносибирских формаций амфиатлантической фратрии формаций. Для него характерно распространение ивняковых (*Salix glauca* L, *Salix pulchra* Cham) травяно-моховых тундр (*Polytrichum alpestre* Норре, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr, *Eryophorum angustifolium* Honck., *Nardosmia frigida* (L.) Hook) в сочетании с ивняково-ерничковыми лишайниково-моховыми тундрами и осоково-мохово-лишайниковыми плоскобугристыми болотами. Остальные ЛУ находятся в северотаежной подзоне бореальной зоны (тайги) Западной Сибири (Ильина, Махно, 1985).

Тундровые сообщества исследованной территории представлены кустарничково-лишайниковыми, кустарничково-лишайниково-моховыми, кустарничково-моховыми и кустарничково-травяно-моховыми заболоченными фитоценозами.

На вершинах холмов пологоволнистой равнины развиваются мелкопочковатые кустарничково-лишайниковые тундры с пятнами-медальонами диаметром 0,2-0,4 м, лишенными растительности (рис 2.17). Кустарниковый ярус представлен редкими экземплярами карликовой березки *Betula nana* L. и ивы филиколистной *Salix phylicifolia* L.. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет порядка 20-25%, преобладают: багульник *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd.ex Steud., голубика *Vaccinium uliginosum* L., водяника *Empetrum subholarcticum* V.Vasil., брусника *Vaccinium vitis-idaea* L., осоки *Carex globularis* L., *Carex arctisibirica* (Jatr.) Crev. и *Carex rotundata* Wahlenb., пушица *Eriophorum vaginatum* L., подбел *Andromeda polyfolia* L., морошка *Rubus chamaemorus* L.. Мохово-лишайниковый покров - сплошной, состо-



Рис. 2.17. Кустарничково-лишайниково-моховая пятнистая тундра в междуречье рек Юрхарово и Хэбидяпаета, Юрхаровский ЛУ (фото автора).

ит из зеленых мхов (*Aulacomnium turgidum* (Wahlenb.), *Aulacomnium palustre*, *Ptilidium ciliare* (L.) Hampl., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Hitt. и др.) и сфагновых мхов (*Sphagnum acutifolia* Wils., *Sphagnum lenense* H. Lindb., *Sphagnum subsecunda* (Lindb.) и др.) с пятнами лишайников (*Cladonia sylvatica* (L.) Harm., *Cladonia alpestris* (L.) Rubh., *Cladonia rangiferina* (L.) Web. и *Stereocaulon alpinum* Laur.).

На слабодренированных низких участках с маломощными торфяниками развиваются кустарничково-моховые и пушицево-осоково-моховые болотные комплексы. В травяно-кустарничковом покрове доминируют: багульник *Ledum decumbens*, подбел *Andromeda polyfolia*, клюква *Oxycoccus microcarpus* L., водяника *Empetrum subholarcticum* и др. Встречаются единичные экземпляры ив *Salix phylicifolia*, *Salix glauca*, *Salix hastata* L., *Salix viminalis* L., *Salix myrsinifolia* Salisb. и др.. Преобладают осоки *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. rotundata*, *C. globularis* и др. Встречаются пушицы *Eriophorum polystachion* L., *Eriophorum brachyanterum* Trautv. et Mey.. Сплошной моховой покров состоит из *Sphagnum angustifolium* (C. Jens. ex Russ.), *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr., *Sphagnum robustum* (Warnst.), *Polytrichum alpestre*, *Polytrichum commune* Hedw., *Polytrichum strictum* Brid., *Polytrichum juniperinum* Hedw. и др.

Значительная часть исследованной территории занята болотно-озерными комплексами с участием мерзлотных грунтов. При сильном морозном вспучивании образуются бугристые за-

болоченные тундры и плоскобугристые комплексные болота. Основным типом тундровых болот (Юрхаровский, Северо-Парусовый, Западно-Песцовый ЛУ) являются полигональные болота (Пьявченко, 1955; Боч, 1974). Полигональные формы болотного микрорельефа возникают вследствие процессов морозобойного растрескивания и последующих мерзлотно-геологических процессов. Наибольшее распространение имеют полигонально-валиковые болота, растительность которых представлена осоками, кустарничками, сфагновыми и гипновыми мхами.

На слабодренированных водоразделах в пределах Северо-Пуровского, Западно-Яряхинского и Тазовско-Заполярного ЛУ распространены плоскобугристые комплексные болота и грядово-озерково-мочажинные комплексы. Для центральных частей заторфованных водоразделов наиболее характерны грядово-озерково-мочажинные комплексы. По грядам в травяно-кустарничковом ярусе преобладают багульник *Ledum decumbens*, кассандра *Chamaedaphne calyculata* L., в меньшей степени присутствуют подбел *Andromeda polifolia*, морошка *Rubus chamaemorus*, клюква *Oxycoccus microcarpus*, голубика *Vaccinium uliginosum*.

Участками встречаются массивы среднебугристых мерзлых торфяников. На торфяных мерзлых буграх с уплощенными вершинами, плосковыпуклых мерзлых торфяных грядках растительный покров представлен кустарничково-зеленомошно-лишайниковыми или ерниково-лишайниково-сфагновыми сообществами, где доминируют: багульник *Ledum decumbens*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, морошка *Rubus chamaemorus*, водяника *Empetrum subholarcticum*, ерник *Betula nana*, подбел *Andromeda polifolia*. Общее проективное покрытие составляет 30-60%. В мохово-лишайниковом ярусе типичны лишайники *Cladonia rangiferina*, *Cladonia mitis* Sandst., *Cetraria cucullata* (Bellardi) Ach, *Cetraria nivalis* (L.) Ach, *Cladonia sylvatica*, *C. alpestris*, дикрановые мхи *Dicranum elongatum* D. с участием сфагновых мхов (*Sphagnum lenense*, *S. acutifolia*, *S. subsecunda* и др.). В нижних частях склонов бугров развиваются заросли ерника *Betula nana* и багульника *Ledum decumbens*. При переходе к мочажинам “ерсеям” вокруг бугров часто образуется кольцо открытой водной поверхности шириной 2-5м (в результате подтаивания мерзлого ядра). Мочажины заняты осоково-пушицево-сфагновой растительностью. Преобладают осоки (*Carex chordorrhiza* Ehrh., *C. rotundata*, *Carex rariflora* (Wahlenb.)) и пушица *Eriophorum vaginatum*, всегда присутствуют вахта *Menyanthes trifoliata*, сабельник *Comarum palustre* L., хвощи *Equisetum limosum* L. и др. (Тыртиков, 1979).

На контактах с суходолами распространены верховые болота с редкостойными кедрачами кустарничково-сфагновыми. Микрорельеф плоскобугристый. Древесный ярус состоит из кедра *Pinus sibirica* Rupr., местами лиственницы *Larix sibirica* Ledeb.. Высота древостоя от 3 до 7 м, сомкнутость крон <0,1-0,1. Хорошо развитый кустарничковый ярус состоит из багульника *Ledum decumbens*, кассандры *Chamaedaphne calyculata*, на более освещенных участках - голубики *Vaccinium uliginosum*, встречаются морошка *Rubus chamaemorus*, черника *Vaccinium*

myrtillus L.. В межкочечных понижениях характерна пушица *Eriophorum vaginatum*. Сплошной моховой покров представлен сфагновыми мхами *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum magellanicum* Brid. и др. Плоские участки, преимущественно примыкающие к окраинам болот, заняты травяно-мохово-кустарничковыми болотами. Преобладает пушица *Eriophorum vaginatum*, на повышениях произрастают подбел *Andromeda polifolia*, кассандра, *Chamae-daphne calyculata*, багульник *Ledum decumbens*, клюква *Oxycoccus microcarpus*, сфагновые мхи.

Растительность пойм малых рек и ручьев представлена сочетаниями травяно-моховых болот, ивняков разнотравно-вейниковых и луговин. В составе фитоценозов преобладают гигрофитные виды: сабельник болотный *Comarum palustre*, осока водная *Carex aquatilis*, пушица *Eriophorum polystachyon*, морошка *Rubus chamaemorus*.

В долинах рек встречаются сочетания лугово-кустарниковых сообществ, осоковых и вейниковых лугов (*Carex acuta* L., *Calamagrostis langsдорфii* (Link) Trin.), ивняковых, ивняково-ерниковых и ерnikово-ольховниковых тундр (рис. 2.18). Преимущество имеют ивняки разно-



Рис. 2.18. Ивняк разнотравно-вейnikово-долгомошный на берегу Тазовской губы, Юрхаровский ЛУ (фото автора).

травно-злаковые из *Salix lanata* L., *S. glauca* L., *S. phylicifolia* L., *S. hastata* L., *S. myrtilloides* L. и др. Широко встречаются ольховnikово-ивовые группировки с примесью *Duscheckia fruticosa* (Rupr.) Pouzar.. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют вейник *Calamagrostis langsдорфii* и осока острая *Carex acuta*, участвуют: сабельник болотный *Comarum palustre*, подмаренник северный *Galium boreale* L., княженика *Rubus arcticus* L., морошка *Rubus chamaemorus*.

Встречаются *Pedicularis labradorica* Wirsing. и *Pedicularis palustre* L.. Отмечено формирование ольховниковых разнотравно-вейниковых сообществ с высотой кустарникового яруса до 2,5-3 м.

В подзоне северной тайги из плакорных коренных типов наибольшее распространение имеют елово-кедровые и лиственнично-елово-кедровые кустарничково-зеленомошно-лишайниковые леса (Ильина и др., 1985). Елово-кедровые редкостойные леса распространены отдельными участками и сочетаются с различными производными фитоценозами в основном пирогенного происхождения, которые находятся на различных стадиях восстановления. Древостой лесов разрежен (полнота от 0,3 до 0,4). Доминирующие породы кедр *Pinus sibirica* и ель *Picea obovata* Ledeb. имеют высоту от 14 до 15 м. Лиственница *Larix sibirica* иногда достигает 18-20 м. Подлесок развит плохо. Единично или небольшими группами встречаются: ольховник *Duscheckia frutecosa*, можжевельник *Juniperus communis* L., шиповник *Rosa acicularis* L. Травяно-кустарничковый ярус образован багульником *Ledum decumbens*, голубикой *Vaccinium uligi-*

nosum, водяникой *Empetrum subholarcticum*, брусникой *Vaccinium vitis-idaea*, реже встречаются черника *Vaccinium myrtillus* и линнея *Linnea borealis*. Из трав обычны плауны *Lycopodium annotinum* L., хвощ лесной *Equisetum silvatica* L., осока *Carex globularis*. Участие их незначительное. Мхи и лишайники образуют сплошной покров, в котором преобладают *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium proliferum* (Brid.) и *Polytrichum alpestre*. Лишайники *Cladonia alpestris* и *Stereocaulon paschale* встречаются пятнами, и создают мозаичность напочвенного покрова (рис. 2.19).

Краевые участки дренированных водоразделов на контакте с болотными массивами со слабопроточным режимом увлажнения заняты березово-лиственнично-кедровыми кустарничково-сфагновыми лесами (Ильина и др., 1985). Древоустой преимущественно разреженный, сом-



Рис. 2.19. Мозаичный напочвенный покров в березово-кедровом кустарничково-сфагновом сообществе, Кынско-Часельский ЛУ (фото автора).

нутость не превышает 0,4. Диаметр стволов 14-18 см, высота 11-14 м. Подлесок состоит из ерника *Betula nana*. Травяно-кустарничковый ярус образован гипоарктическими и бореальными кустарничками. Наиболее распространены багульник *Ledum decumbens*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, голубика *Vaccinium uliginosum*, кассандра *Chamaedaphne caliculata*, встречается водяника *Empetrum subholarcticum*. Моховой пок-

ров сплошной и состоит из сфагновых мхов *Sphagnum angustifolium*, *S. fuscum* с участием зеленых мхов *Pleurozium schreberi*, *Aulacomnium palustre*, *Dicranum polysetum* Sw. и др. Лишайники встречаются пятнами. Среди них обычны *Cladonia rangiferina*, *Nephroma arcticum* L., *Peltigera aphthosa* (L.) Willd.. Наилучшие условия для произрастания лиственницы *Larix sibirica* создаются на суглинистых хорошо дренированных и достаточно увлажненных почвах, преимущественно в приречных частях водоразделов (рис 2.20). Разреженные лиственничные леса часто встречаются на песчаных и супесчаных почвах озерно-аллювиальных равнин и речных террас.

Кедрово-лиственничные с участием березы *Betula pubescens* лишайниково-кустарничковые и лишайниково-зеленомошно-кустарничковые леса формируются на подзолистых иллювиально-железистых глееватых почвах возвышенных хорошо дренированных поверхностей водораздельных увалов. Типичны разновозрастные древоустои (от 110 до 170 лет) с доминированием в составе лиственницы *Larix sibirica*. Высота 11-14 м, диаметр стволов – 14-20 см, сомкнутость 0,3-0,4. Подлесок чаще отсутствует, местами лишь представлен единичными кустами ерника *Betula nana*. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают кустарнички – багульник *Ledum decumbens*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, голубика *Vaccinium uliginosum*, вода

ника *Empetrum subholarcticum*, черника *Vaccinium myrtillis*. Из трав обычны хвощ лесной *Equisetum sylvatica* и осоки *Carex cinerea*, встречается овсяница *Festuca ovina* L., мытник *Pedicularis labradorica*. Моховой покров состоит из зеленых *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* (Hedw.), *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not и политриховых *Polytrichum alpestre* мхов. Лишайники менее обильны,

среди них отмечены *Cladonia alpestris*, *C. sylvatica*, *Cetraria islandica*.

Березовые леса исследованной территории являются производными от темнохвойных и лиственнично-темнохвойных и формируются в местах, подверженных пожарам. Абсолютное преобладание березы наблюдается на первых этапах послепожарных смен. Далее образуются смешанные древостои со значительным участием лиственницы и кедра. В целом, встречающиеся на месте коренных лесов производные березовые леса можно отнести к категории коротко-производных сообществ (Тыртиков, 1988). Вторичные березовые леса на месте разновозрастных гарей имеют достаточно широкое распространение (рис. 2.21). Среди березовых молодняков встречаются участки сохранившихся деревьев лиственницы в возрасте 140-160 лет и сухостой. Травяно-кустарничковый ярус составлен багульником *Ledum decumbens*, голубикой



Рис. 2.21. Вторичное березовое сообщество на месте старого пожарища, Западно-Яростинский ЛУ (фото автора)



Рис. 2.20. Лиственничные редины ерничково-кустарничково-лишайниковые на территории Западно-Яростинского ЛУ (фото автора)

Vaccinium uliginosum, брусничкой *Vaccinium vitis-idaea*, мелкими осоками, вейником *Calamagrostis langsdorffii*, кипреем *Chamaerion angustifolium*, овсяницей *Festuca ovina*. Напочвенный покров сформирован мхами родов *Polytrichum*, *Pleurozium*, а в микропонижениях – сфагновыми (*Sphagnum cuspidatum*, *S. Lenense* и др.) (Тыртиков, 1988).

Лиственнично-березовые и кедрово-березовые зеленомошно-кустарничковые леса встречаются по дренированным поверхностям водоразделов. Высота древостоя от 7 до 17 м,

диаметр 8-20 см. Современный травяно-кустарничковый ярус и мохово-лишайниковый покров этих сообществ имеют состав, близкий к коренному лесу. Среди кустарничков обильны бореальные виды - черника *Vaccinium myrtillis*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, встречаются голубика *Vaccinium uliginosum* и багульник *Ledum decumbens*. Из трав доминируют хвощи *Equisetum sylvaticum*, *E. arvense*, участвуют мелкие осоки, встречается кипрей *Chamaerion angustifolium* (L.) Holub., плаун *Lycopodium annotinum*. Проективное покрытие 70-80% Мхи представлены: *Aulacomnium turgidum*, *Polytrichum commune*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*. Типичны лишайники *Cladonia alpestris*, *C. arbuscula*, *C. rangiferina*.

В долинах средних рек наибольшее распространение имеют березово-лиственнично-елово-кедровые и елово-кедровые травяно-кустарничково-зеленомошные леса. Древостой смешанный с незначительным преобладанием кедра *Pinus sibirica*, сомкнутость – 0,2. Подлесок представлен ольховником *Duscheckia frutecosa*, рябиной *Sorbus aucuparia* L., шиповником *Rosa acicularis*. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса - около 40%, преобладают багульник *Ledum decumbens*, вейник *Calamagrostis langsdorffii*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, встречаются черника *Vaccinium myrtillus*, линнея *Linnea borealis*, костяника *Rubus saxatilis* и др. Из трав обычны: плаун *Lycopodium annotinum*, хвощ лесной *Equisetum sylvatica*, осока шаровидная *Carex globularis*. Мхи и лишайники образуют сплошной покров (100%), в котором преобладают *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, по западинам встречаются *Polytrichum alpestre* и сфагновые мхи.

Пойменные лиственнично-елово-кедрово-березовые кустарничково-травяно-зеленомошные леса получили достаточное распространение в пределах долин малых рек. Высота древостоя 15-18 м, диаметр стволов – 16-24 см, сомкнутость - 0,5. В подлеске обычны: ольха *Duscheckia fruticosa*, ива *Salix phylicifolia*. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают брусника *Vaccinium vitis-idaea*, черника *Vaccinium myrtillus*, багульник *Ledum decumbens*, встречаются голокучник *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm, мятлик *Poa pratensis*, седмичник *Trientalis europae*, чемерица *Veratrum lobelianum* L. и др. Моховой покров образован *Polytrichum commune* и *Hylocomium splendens*. Комплекс пойменных березово-кедрово-елово-лиственничных лесов может включать мелкие фрагменты березовых травяно-болотных лесов и небольших старичных травяно-сфагновых болот.

В целом растительный покров исследованной территории характеризуется относительно низким видовым разнообразием при сложном, комплексном и мозаичном строении растительных сообществ. Как было сказано выше, исследованные ПТК месторождений являются типичными для севера Западной Сибири, однако можно отметить различия в структуре растительных сообществ и преобладающих типах почв в зависимости от расположения ЛУ.

Для Юрхаровского, Западно-Песцового, Парусового, Южно-Парусового и Северо-

Парусового ЛУ характерны травяно-моховые тундры в сочетании с ивняково-ерниковыми кустарничково-лишайниково-моховыми тундрами, мелкопочковатые кустарничково-лишайниковые тундры с пятнами-медальонами и осоково-мохово-лишайниковые плоскобугристые болота.

Кынско-Часельский, Хадыряхинский, Береговой, Пырейный и Надымский ЛУ характеризуются преобладанием лиственнично-елово-кедровых кустарничково-зеленомошно-лишайниковых сообществ, плоскобугристых кустарничково-моховых болот, кустарничково-лишайниково-моховыми и кустарничково-травяно-моховыми сообществами. Встречаются березово-лиственнично-кедровые кустарничково-сфагновые леса.

Для территорий Северо-Пуровского, Самбургского, Северо-Самбургского, Яро-Яхинского, Северо-Часельского, Западно-Ярояхинского и Тазовско-Заполярного ЛУ характерны кедрово-лиственничные лишайниково-зеленомошно-кустарничковые леса, комплексы пойменных березово-кедрово-елово-лиственничных лесов с фрагментами березовых травяно-болотных лесов и небольших старичных травяно-сфагновых болот, комплексы лугово-кустарниковых сообществ и осоковых и вейниковых лугов. Тундровые сообщества в основном представлены кустарничково-лишайниково-моховыми и кустарничково-травяно-моховыми сообществами. Основными типами болотных комплексов являются травяно-сфагновые, кустарничково-травяно-сфагновые и плоскобугристые комплексные болота и грядово-озерково-мочажинные комплексы.

Химический состав растительного покрова севера Западной Сибири определяется особенностями как поступлением микроэлементов из почвообразующих пород, так и влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ от производственных объектов Кольского п-ова, Южного и Среднего Урала, Норильского комбината, юга Западной Сибири (Дьяконов, 1998; Солнцева, 1998; Опекунова и др., 1998, 2011, 2012; Елин, 2000; Смоляков, 2000; Московченко, Валеева, 2011; Московченко и др., 2011, Опекунов и др., 2012; Опекунова, 2013).

В геохимических условиях севера Западной Сибири растения наиболее активно аккумулируют Mn, Ba, Zn, Cu и Ni (см. прил. табл. 8). Однако наблюдаются четкие различия в избирательности отдельных видов: лишайник *Cladonia alpestris* хорошо аккумулирует - V, Cr и Pb; багульник *Ledum decumbens* - Mn, Ba, Zn и Cu. В целом индикаторные виды растений характеризуются относительно низким уровнем накопления ТМ - значения $K_b > 1$ отмечены только для Mn, Ba и Zn (Опекунова и др., 2015).

В естественных условиях в элювиальных фациях отмечается преимущественное накопление в растениях литогенных элементов (Опекунова и др., 1997, 2015). Развитие процесса хелатогенеза в ряде случаев обуславливает также аккумуляцию Si и Mn. В трансэлювиальных фациях на минеральных субстратах во всех растениях отмечается повышенное содержание Ba. Кроме того, отмечается увеличение концентраций Ni, Cu в лишайнике, Co, Ni,

V и Ba в багульнике в иллювиальных условиях, а на торфянистых отложениях — Pb и Zn. В автономных фациях мохово-лишайниковых тундр, а также на озерных и речных террасах происходит более активное накопление минеральных элементов, что связано, прежде всего, с увеличением степени доступности ТМ растениям.

В естественных фоновых условиях индикаторные виды растений характеризуются в целом низкими концентрациями ТМ за исключением Ba, Mn и Cu. В фоновых условиях брусника и багульник отличаются повышенными концентрациями Mn, Zn и Ba, лишайник и листовенница – Pb (Опекунова и др., 2015). В условиях ландшафтов кислого глеевого класса Mn, Zn, Cu и Ba интенсивно поступают в растения (Глазовская, 1988; Добровольский, 2003; Поляков 2008; Московченко и др., 2011).

В фоновых условиях в растениях севера Западной Сибири ведущим фактором, определяющим микроэлементный состав, является породный. Существенное влияние на химизм оказывает изменение подвижности ТМ при смене минеральных субстратов торфяниками (Опекунова и др., 1997, 2007, 2015). Специфические условия накопления ТМ в растениях образуются в долинах рек и ручьев, где велика степень оттайки грунтов в вегетационный период. Для этих местообитаний в почвах типичен вынос Mn, Cu, Zn, Ni при накоплении Pb (Опекунова и др., 1998). В целом, растительный покров севера Западной Сибири характеризуется относительно низким уровнем содержания микроэлементов за исключением Mn, Zn, Cu и Ba. Можно выделить «марганцевую» геохимическую специализацию доминантов растительного покрова (Московченко и др., 2011).

Таким образом, природные условия севера Западной Сибири определяют высокую контрастность растительного, почвенного покровов и геохимических условий накопления микроэлементов в компонентах ландшафтов.

ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ

При разработке и освоении месторождений происходит воздействие на все компоненты ПТК. Антропогенная нагрузка выражается в трансформации свойств ПТК (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Влияние загрязнения окружающей среды при нефтегазодобыче (Московченко, 1998)

Главными источниками загрязнения на территории нефтегазоконденсатных месторождений являются площадки бурения, устьевое оборудование, промплощадки, транспортные средства, подъездные автодороги, трубопроводы, вахтовые поселки. Последствия их эксплуатации выражаются в загрязнении всех компонентов экосистем и в развитии ландшафтно-деструкционных процессов. К группе основных объектов воздействия на ПТК при нефтегазодобыче относятся буровые установки, скважины, установки комплексной подготовки газа (УКПГ), компрессорные станции (КС), нефтегазопроводы, площадки размещения отходов (Гриценко и др., 1997) (см. прил. рис. 1 и 2).

До настоящего времени бурение осуществляется амбарным способом, что приводит к загрязнению почв и водоемов вследствие разливов буровых растворов и шлама (см. прил. рис. 3). На площадках покинутых разведочных буровых остается неисправное оборудование, брошенные жилые вагончики, металлические емкости для хранения нефтепродуктов и технических жидкостей (см. прил. рис. 4). В среднем на площадках может оставаться до 2-3 тонн металлолома (Быкова, Вильчек, 1989). Эти объекты могут являться источниками поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.

Для каждого этапа освоения месторождений характерны различные формы антропогенного воздействия (табл. 3.1). При освоении месторождений основную роль играют ландшафтно-деструкционные виды воздействий, на стадии эксплуатации на первый план выходят эмиссионные.

Таблица 3.1.

Источники и виды воздействий при освоении месторождений (Солнцева, 1998)

Этапы воздействия		Виды производства, технические объекты и другие типы воздействий на окружающую среду
Обустройство промыслов		Строительство линий связи и электропередач, дорог и мостов, жилья и производственных помещений, продуктопроводов, очистных сооружений и полигонов для складирования и захоронения отходов. Строительство карьеров по добыче песка и гравия, бурение скважин (включая подготовку площадок, амбаров и ёмкостей для буровых растворов, пластовых жидкостей и шламов)
Эксплуатация промыслов	При нормальном режиме эксплуатации	Испытания и промысловые исследования скважин. Эксплуатация и ремонт скважин Эксплуатация трубопроводов разного назначения Кустовые насосные станции, дожимные и перекачивающие насосные станции Центральные пункты сбора и подготовки нефти, газа и воды Факельные устройства, факелы и запальные свечи Компрессорные станции Базы производственного обслуживания и материально-технического снабжения Транспортное хозяйство Складирование и захоронение отходов, сброс очищенных и неочищенных стоков Нефтехранилища (резервуарные парки) Установки комплексной подготовки газа и газоперерабатывающее оборудование
	При аварийном режиме	Разливы нефти и нефтепродуктов разного состава Разливы пластовых и сточных вод разного состава Разливы буровых растворов и буферных жидкостей Разливы химических реагентов Выбросы нефти и газа через факельные устройства Открытое фонтанирование скважин Пожары на буровых и эксплуатационных скважинах Перетоки нефти и минерализованных вод в подземные горизонты из-за порывов кондукторов, эксплуатационных колонн при некачественной цементации

3.1. Ландшафтно-деструкционные и фоновые параметрические воздействия

Одним из основных видов воздействий на ПТК при освоении месторождений следует считать механическое воздействие. Оно может привести к частичному или полному уничтожению растительного покрова в результате проездов гусеничного транспорта, перетаскивания буровых станков, отсыпки дорог и производственных площадок, планировки местности, создания карьеров и выемок. Это вызывает разрушение первичных сообществ, смену (см. прил. рис. 5) или полную деградацию растительных сообществ (см. прил. рис. 6), нарушение теплового режима грунтов, увеличение обводненности территории, активизацию эрозионных и криогенных процессов (Солнцева, 1998, Московченко, 1998; Kukushkin, 2011; Капелькина, 2014).

Нарушение растительного покрова может формировать нетипичные ранее для территории - антропогенные местообитания. В таких местообитаниях растительность претерпевает значительные изменения или начинает формироваться с нуля. Наиболее активны на антропогенных местообитаниях злаки и осоки (например *Calamagrostis lapponica*, *C. holmii*, *Eriophorum scheuchzeri*), максимально уязвимы кустарнички и лишайники (Шахин, Телесина, 2000).

Вокруг буровых площадок наблюдается застой грунтовых вод и подтопление. В связи с этим происходит замещение ерниково-кустарничково-лишайниково-сфагновых сообществ на

травяно-осоковые сообщества (см. прил. рис. 7) (Kukushkin, 2011; Опекунова, 2013). Важную роль в процессах зарастания отводится печеночным и политриховым мхам. В северной тайге, при засыпке болот, происходит смена сообществ на лесные (Шапатонов, Московченко 2007).

Вездеходное движение и прокладка зимников приводят к сильному нарушению почвенного покрова (см. прил. рис. 8). Срезание гусеничным транспортом верхнего слоя торфа часто способствует интенсивному оттаиванию многолетних мерзлотных грунтов. Значительная глубина торфа хорошо противостоит механическому воздействию. В результате сильной нагрузки происходит разрушение торфяного теплоизолирующего слоя, что в настоящее время вызывает растепление грунтов и приводит к переобводнению территории, усилению процесса заболачивания, развитию криогенных процессов и других опасных геологических явлений. На рисунке 3.9 хорошо видно увеличение степени обводненности участка месторождения в связи с разрушением торфяного слоя. Колеи способствуют увеличению объема и концентрации поверхностного сброса вод в ложбинах стока (см. прил. рис. 9), в связи с этим происходит более быстрое иссушение почв и активация роста линейных эрозионных форм, что содействует еще более ускоренному разрушению не только нарушенных, но и ненарушенных почв тундр (Василевская и др., 2006).

Вторичное заболачивание и увеличение поверхностного стока приводят к изменению геохимических условий миграции микроэлементов в почвах, что может способствовать интенсивному поступлению ТМ в растения и переносу загрязняющих веществ на большие дистанции (Kukushkin, 2011; Опекунова, 2013; Опекунова и др., 2015).

Строительство трубопроводов и дорог также приводит к нарушению ландшафтов, поскольку при этом вырубается леса, изымается и вновь отсыпается грунт. Одним из факторов воздействия при строительстве и функционировании линейных объектов является развитие вторичного гидроморфизма. Линейные объекты протяженностью десятки километров создают непроницаемый барьер, разрушая сложившиеся пути миграции водных потоков, что может приводить к образованию болотных массивов (Полкошникова, Сущенко, 1981; Кравцов, 1989; Солнцева 1998; Опекунова, 2013). Вдоль линейных сооружений может возникать специфическая зональность растительного покрова со значительным количеством видов интродуцентов (Полкошникова, Сущенко, 1981).

В целом нарушение растительности при нефтегазодобыче на слабодренированных участках сопровождается замещением мезоморфной растительности на гидроморфную. Значительно увеличивается роль травяно-осоковых сообществ (см. прил. рис. 10) (Солнцева, 1998; Шапатонов, Московченко, 2007; Опекунова, 2013). На хорошо дренированных почвах происходят процессы олуговения и опустынивания со значительным снижением видового разнообразия (см. прил. рис. 11) (Солнцева, 1998; Опекунова, 2013, Капелькина, 2014). При слабом воз-

действии видовое разнообразие в лесных сообществах снижается, кустарники исчезают, появляется вейник *Calamagrostis lapponica*, *C. holmii* (Сысо и др., 2001). Крайним проявлением может являться полная деградация растительных сообществ (см. прил. рис. 12).

При пересечении трубопроводами рек происходит разрушение берегов, возникают оползни, размыв пойменных земель, переформирование русел (см. прил. рис. 13).

3.2. Эмиссионные воздействия

Основное воздействие на компоненты ПТК наносят содержащиеся в составе нефти и газоконденсата, буровых растворов, подземных и пластовых вод различные химические вещества (ПХБ, ПАУ, НУ и др.) и элементы (V, Ni, Fe, Mn, Cr, Mo, Zn, Cu, Hg, B, Br, I, Pb, Sr и др.).

Согласно используемой технологии добычи и обработки углеводородов для прочистки труб и установок производится сжигание части газа в факельных установках на скважинах, УКПГ и КС. Факельные установки используют и для дожигания некондиционных газоконденсатных смесей, возникающих в процессе добычи и переработки газа. Выбрасываемые при этом в атмосферу загрязняющие вещества представляют собой смесь продуктов сгорания и несгоревших компонентов сжигаемой углеводородной смеси, включая соединения серы и азота, что приводит к поступлению в окружающую среду оксидов серы, азота и углерода. Растворяясь в атмосферной влаге, оксиды серы и азота образуют соответствующие кислоты и выпадают на поверхность почв в виде кислотных осадков. По данным Д.В. Московченко (1998), подкисление снежного покрова вокруг факельных установок прослеживается на расстоянии около 2 км. Содержание основных поллютантов (таких как, оксиды серы и ТМ) в атмосферном воздухе вблизи ряда действующих КС (на севере Тюменской области) составляет 40-50 ПДК на расстоянии до 500 м от источника выбросов (Мазур, 1991).

При разработке и обустройстве месторождений происходит загрязнение поверхностных вод как непосредственным прямым сбросом загрязняющих веществ, так и через атмосферные выпадения. Именно атмосферные осадки являются основным источником поступления солей в природные воды региона (Елин, 2000). В результате выпадения подкисленных осадков в поверхностных водах наблюдается постоянный эффект закисления (Смоляков, 2000; Агбалян и др., 2015), что способствует повышенной водной миграции ТМ.

Основными источниками прямого загрязнения при освоении нефтегазоконденсатных месторождений являются котлованы-отстойники и шламовые амбары на буровых, КС и УКПГ. Часто вместе со сточными водами в окружающую среду попадают нефтепродукты, буровые растворы с химическими реагентами, промывочные жидкости и пластовые воды.

Загрязняющие вещества, поступающие в воздух или в воду, в дальнейшем осаждаются на поверхности почв. К уже перечисленным, здесь прибавляются нефтепродукты. Они посту-

пают в окружающую среду при прямом разливе в результате аварийных выбросов, эксплуатации и обслуживании автотранспорта. Большую опасность нефтяное загрязнение представляет в незамкнутых низинных болотах и озерах, расположенных в пойме рек и на надпойменных террасах, в связи с опасностью попадания поллютантов в речную сеть и распространения загрязнения на большие площади.

В условиях Западной Сибири деградация нефти идет крайне медленно и также медленно восстанавливается исходная растительность. Растения начинают появляться по мере битуминизации нефти, превращения ее в твердую корку с последующим разрушением. Они поселяются на грунте в месте образовавшихся трещин и их численность увеличивается по мере образования трещин и разрушения битумной корки (Седых, 1996). В дальнейшем часть нефтепродуктов накапливается в почве, а часть поступает в водные объекты (см. прил. рис. 14). Аккумулированные в донных отложениях, НУ могут долгое время вызывать вторичное загрязнение водных объектов.

Согласно данным Е.Л. Шор и А.Г. Хуршудова (2000), увеличение концентраций нефтепродуктов в почвах, характерно для всех месторождений, осваиваемых в течение более, чем 5 лет, по сравнению с территориями, где нефтедобыча еще не ведется или находится в начальной стадии. Однако, этими же исследователями подчеркивается значительная концентрация нефтепродуктов в почвах территорий, практически не затронутых нефтедобычей, что связывается с наличием в почвах углеводородов за счет их естественной эманации из нефтяных горизонтов. Для каждого района нефтедобычи характерен свой природный фон содержания НУ (Пиковский, 1981; Пиковский и др., 2003). Кроме того, повышенные концентрации НУ могут быть связаны со значительным влиянием полуразложившихся остатков растений, содержащих высокомолекулярные соединения (Опекунова и др., 2005, 2007; Опекунов и др., 2012). При оценке концентраций НУ в почвах эти два фактора не всегда учитываются исследователями, что может приводить к завышенным оценкам нефтяного загрязнения территории.

Как правило, антропогенное нефтяное загрязнение сопровождается разливом буровых растворов. Буровые растворы попадают в почву и поверхностные воды не только вследствие разрушения обваловки шламовых амбаров, но и из-за нарушения технологии буровых работ, в первую очередь - в отсутствии гидроизоляции котлованов-отстойников. Так же часто отмечается несанкционированное размещение (временное размещение) готовых буровых растворов на необорудованных площадках. При их попадании на почву образуется плотная корка, состоящая, главным образом, из баритового глинопорошка (см. прил. рис 15). Поскольку в составе буровых растворов и минерализованных вод присутствуют тяжёлые металлы, поступление их в окружающую среду приводит к изменению химического состава почвенного покрова и наземной растительности (Опекунова и др., 2015).

При разработке месторождений на поверхность может сбрасываться значительное количество высокоминерализованных пластовых подземных вод, а также и буровых растворов, что приводит к засолению почв – техногенному галогенезу и образованию в районах добычи нефти техногенных солончаков (Солнцева, 1981, 1982, 1983, 1988, 1996, 1998; Соромотин, 1996; Гиббасова и др. 1997; Дьяконов, 1998; Сысо и др. 2001 и др.). В поверхностных водах увеличивается содержание Cl, Na, Mn, Cu, Co, Pb и др. Минерализация увеличивается в 4 раза. При аварийных разливах происходит значительное увеличение содержания Cl (Сысо и др., 2001).

В компонентах ПТК, расположенных в районах кустовых площадок скважин, объектов инфраструктуры месторождений значительно увеличивается содержание в снежном покрове H₂O, Pb, Zn, окислов азота. В водных объектах происходит рост концентраций H₂O, Ba, Zn, Pb и Co. Наиболее ярко на локальном уровне эмиссионное воздействие проявляется в почвах, где резко увеличивается содержание H₂O, веществ группы ПАУ, Ba, Ni, Cd (Опекунов и др., 2012).

3.2.1. Основные загрязняющие вещества при эмиссионном воздействии

Количество опасных химических соединений, поступающих в компоненты ПТК при освоении и разработке нефтегазоконденсатных месторождений, крайне разнообразно. Основными, определяющими негативные последствия загрязнения, являются: нефть (нефтяные углеводороды), ТМ (Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, Hg, As, V) и вещества группы ПАУ.

Из-за несовершенства методов аналитической обработки понятие «нефть», нефтепродукты или НУ ограничено суммой неполярных и малополярных углеводородов (алифатических, ароматических, алициклических), составляющих главную и наиболее характерную часть нефти и нефтепродуктов. При химическом анализе под термином нефтепродукты понимают «преобладающую и наиболее характерную часть нефти и нефтепродуктов, включающую неполярные и малополярные органические соединения, экстрагируемые гексаном и петролейным эфиром» (Лурье, 1984; Другов, Родин, 2000). Указанный метод определения нефтепродуктов, помимо собственных НУ, включает в себя и разнообразные продукты синтеза современных организмов. Существенный недостаток использования существующего определения термина «нефтепродукты» - это отсутствие четких критериев разделения естественных и антропогенных углеводородов (Бачурин и др., 1988; Оборин и др., 1988; Пиковский, 1988; Пиковский и др., 2003; Бачурин, Одинцова, 2005; Капелькина, 2014).

Загрязнение природных вод - один из самых распространенных в настоящее время видов антропогенного воздействия при нефтедобыче. Многообразие компонентов углеводородов, составляющих нефть, определяет поведение НУ в воде: образование различных миграционных форм (пленочной, растворенной, эмульгированной, сорбированной, аккумулированной гидробионтами). При попадании нефти в поверхностные воды, она расслаивается и распределяется в

соответствии с плотностью, растворимостью и другими свойствами составляющих компонентов. Соотношение между миграционными формами зависит от свойств самой нефти, условий поступления ее в водоем, расстояния от места сброса, гидрологических особенностей водотока, химического состава воды, численности и активности микрофлоры, концентрации гидробионтов и т.д. Как правило, примерно 40 % нефти оседает на дне, 40 % остается в воде в виде эмульсии и 20 % - на поверхности в виде пленки (Патин, 1997). Наиболее опасной для поверхностных вод является растворенная форма, ввиду возможности миграции на большие расстояния.

Одной из актуальных проблем стало накопление нефтепродуктов в почвах. Поступление в почву нефтепродуктов вызывает изменение ее физических, химических и биологических свойств, что неизбежно ведет к снижению, а в некоторых случаях, и к полной утрате почвенного плодородия. При определении скорости деградации и экологических последствий загрязнения НУ следует учитывать: состав нефтепродуктов, гетерогенность структуры ПТК, физико-химические свойства компонентов ландшафта, внешние условия (температура, давление, влажность, состояние атмосферного воздуха, гидрологический режим территории и т.д.), под воздействием которых находится природная система (Пиковский, 1988; Хаустов и др., 2011; Хаустов, Редина, 2012).

Известно, что процесс окисления нефти при недостатке кислорода и при низкой температуре растягивается на десятилетия (Brown, 1983; 1985; Walker, 1984; Оборин и др., 1988; Kristin, Joris, 2003; Bioremediation..., 2008). Большое влияние на поведение НУ оказывает механический состав почв. В песчаных почвах создается сплошной фронт продвижения нефти по профилю и выноса ее с почвенными и грунтовыми водами. Частичное накопление происходит лишь в гумусовом горизонте за счет сорбции и сополимеризации окисленных нефтяных компонентов. Наиболее низкой скоростью самоочищения характеризуются почвы супераквальных ландшафтов. Вторичное оглеение в почвах автономных ландшафтов снижает самоочищающие функции (Лозановская и др., 1998). Самоочищение почв в естественных условиях растягивается на несколько лет. В первые недели и месяцы преобладают абиотические факторы изменения НУ в почве. Как показали исследования А.А. Оборина, И.Г. Калачниковой и др. (1988), в первые 1-1,5 года преобладают физико-химические процессы, включающие перераспределение НУ по почвенному профилю, испарение, вымывание и ультрафиолетовое облучение. Второй этап, охватывающий в Западной Сибири 3-4 года, характеризуется биохимической деструкцией сложных гибридных молекул смолисто-асфальтенового ряда и новообразованиям алифатических структур. Третий этап - исчезновение в остаточной нефти исходных и вторичных парафиновых углеводородов. Начало его приходится на 5 год после разлива нефти. В соответствие со всем вышесказанным, степень воздействия НУ на экосистемы различается в зависимости от

фракционного состава НУ, типа почв и климатического пояса (Пиковский и др., 2003; Капелькина, 2014) (табл. 3.2).

Таблица 3.2.

Ориентировочно допустимые уровни концентраций НУ различного состава в почвах РФ, мг/кг (Пиковский и др., 2003)

Соединение	Группы почв	ОДУ с учетом фона	Особенности воздействия
Легкие НУ, бензин, керосин, солярка	а) тундровые глеевые суглинистые и глинистые, тундрово-болотные	2000	Краткосрочное, сильное воздействие, ингибирование микробиологической и фотосинтетической активности
	б) средние и южно-таежные подзолы, подзолистые и дерново-подзолистые супесчаные и легкосуглинистые	4000	
	в) дерново-подзолистые суглинистые	4000	
	г) серые лесные, сероземы	8000	
	д) бурые пустынные, степные	8000	
Тяжелые НУ, нефть, мазут, масла	а) тундровые глеевые суглинистые и глинистые, тундрово-болотные	700	Ухудшение водно-физических свойств почв, замедление фотосинтетической активности, канцерогенез, медленное разложение в почве
	б) средние и южно-таежные подзолы, подзолистые и дерново-подзолистые супесчаные и легкосуглинистые	2000	
	в) дерново-подзолистые суглинистые	2000	
	г) серые лесные, сероземы	4000	
	д) бурые пустынные, степные	2000	

Исследованная территория, согласно М.А. Глазовской, входит в мерзлотно-тундрово-таежный район, характеризующийся низкими восстановительными условиями в почвенном профиле и очень низкой способностью к самоочищению при нефтяном загрязнении (Глазовская, 1988). По степени потенциальной интенсивности механического удаления и интенсивности разложения НУ почвы исследованных месторождений, согласно Ю.И Пиковскому, относятся к почвам с самым низким потенциалом самоочищения (низкая скорость деградации и слабое рассеяние) (Пиковский и др., 2003).

На распространение нефти в ПТК тундр и лесотундр после разливов влияют рельеф, механический состав почв, мощность торфяного горизонта и наличие мерзлоты. При достаточной рыхлости органогенной массы имеет место "провальная" фильтрация нефтепродуктов и образование компактного инфильтрационного тела, но при достижении мерзлотного барьера происходит "расползание" поллютанта. В случае нахождения мерзлотного слоя на небольшой глубине, в торфяных почвах возможна латеральная миграция НУ в талом водонасыщенном слое (Солнцева и др., 1998). Наименьшие по площади разливы характерны для лесных участков с подзолистыми супесчаными почвами. Попадание нефти на их поверхность приводит к довольно глубокой инфильтрации. Для суглинистых и глинистых почв нефтяные пятна имеют вытянутую форму, растекание происходит по уклону рельефа. Нефтяные разливы имеют четкие зоны: пятно, образованное при прямом загрязнении, и переходная зона, расположенная по периферии пятна и сформированная в результате пропитывания органогенного горизонта снизу (Казанцева, 1994). В торфяных почвах разливы локализуются на поверхности, глубина проникновения загрязняющих веществ составляет 10-15 см (Московченко, 1998) (рис. 3.2).

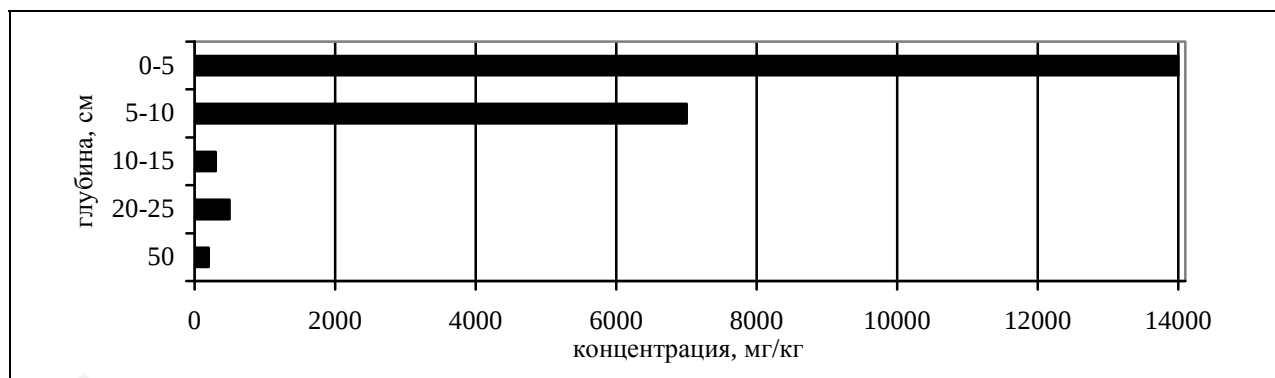


Рис. 3.2. Распределение нефтепродуктов в болотной торфяной почве при нефтяном разливе, Самотлорское месторождение (Московченко, 1998).

Для геосистем гидроморфного ряда характерны большие по площади загрязненные участки как результат распространения нефти по поверхности воды. Болотный микрорельеф при этом оказывает значительное влияние. Площадь загрязнения и интенсивность растекания нефти максимальны при слаборазвитом микрорельефе (осоково-сфагновые топи) и минимальны в грядово-мочажинных комплексах (Новиков, 1984).

В почвах нефтепромыслов под воздействием техногенных потоков, в результате разнонаправленных процессов трансформации геохимических условий миграции образуются сложные полигенные и полихронные геохимические аномалии ряда микроэлементов, пересекающиеся в пространстве. Это приводит к формированию обширного геохимического поля, охватывающего значительную часть территории добывающих бассейнов и имеющего различную экотоксикологическую нагрузку (Солнцева и др., 1988). Однако, несмотря на возможное увеличение концентраций микроэлементов в связи с загрязнением нефтепродуктами почв и водных объектов, геохимические аномалии для почв нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири, связанные с разливами нефти, нехарактерны (Московченко, 1998). Различия в микроэлементном составе фоновых и нефтезагрязненных почв крайне малы и практически статистически не достоверны (табл. 3.3).

Таблица 3.3.

Содержание микроэлементов в болотных верховых почвах, Самотлорское месторождение, мг/кг (Московченко, 1998)

Элемент	Фоновые почвы	Загрязненные почвы	Коэффициент концентрации
Ba	-	-	-
Mn	2434	1827	0,8
Zn	287	206	0,7
Cu	145	132	0,9
Ni	58	71	1,2
Co	8	10	1,2
Pb	104	135	1,3
V	21	28	1,4
Ti	2256	1829	0,8
Zr	224	321	1,4
P	3498	2950	0,8

Примечание: загрязненные почвы – почвы на участках нефтяных разливов с содержанием нефтепродуктов свыше 500 мг/кг

При загрязнении НУ прямое воздействие на растительный покров выражается в подавлении восстановления растительности или в замедлении роста и изменении видового состава сообществ. Наиболее медленное восстановление растительности происходит в нарушенных торфяниках. В целом наиболее устойчивые к нефтяному загрязнению – злаковые, осоковые и ситниковые (Галашев и др., 1988; Творогов, 1993; Ребристая и др., 1993; Солнцева, 1998; Шахин, Телесина, 2000; Сысо и др., 2001; Чалышева, 2002). Осоки и пушицы выдерживают большую замазученность и при отсутствии конкуренции их общее проективное покрытие (ОПП) может увеличиваться до 80%, что обусловлено способностью к образованию плотных дерновин, которые предохраняют корни от токсичного воздействия нефти (Чалышева, 2002).

При слабом нефтяном загрязнении на болотах снижается роль сфагновых мхов и ОПП мхов. Отмечается внедрение ив, вейников, хвощей. В лесных сообществах: видовой состав снижается, почти полностью исчезают кустарники, появляется вейник. В моховом покрове увеличивается ОПП *Hylocomium splendens*. При увеличении загрязнения его ОПП начинает снижаться и он замещается на *Pohlia nutans* (Сысо и др., 2001).

Таким образом, последствия загрязнения нефтью проявляются в воздействии непосредственно ей самой. Однако, существует вероятность увеличения в компонентах ПТК концентраций некоторых ТМ (в первую очередь Ni и V), связанных с разливом нефтепродуктов.

Одним из наиболее распространенных видов антропогенного воздействия как в целом, так и при нефтегазодобыче является загрязнение окружающей среды ТМ (Ba, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, и т.д.) (Глазовская, 1988; Быков, 1991; Иванов, 1994; Гриценко и др., 1997; Солнцева, 1998; Солнцева и др., 1998; Московченко, 1998, 2006, 2010; Опекунова, 2013; и др.).

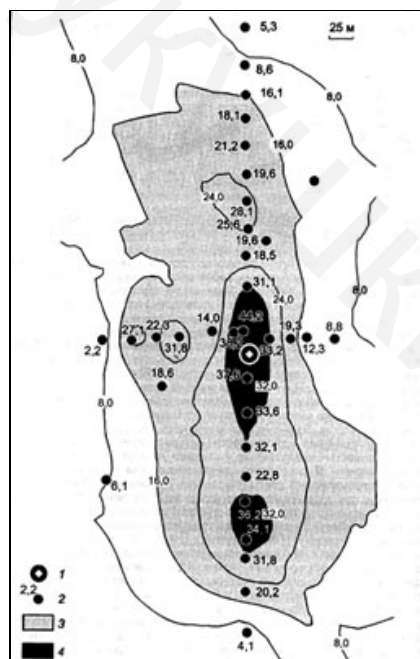
Основными источниками поступления ТМ в окружающую среду при нефтегазодобыче являются: буровые растворы, химические реагенты, промывочные жидкости, автотранспорт и минерализованные пластовые воды. Нефть и газоконденсат (в первую очередь содержащиеся в них смолы и асфальтены) хотя и в меньшей степени, могут также являться источниками эмиссии ТМ. Факельные установки для дожигания некондиционных газоконденсатных смесей могут быть причиной увеличения степени подвижности ТМ вследствие подкисления поверхностных воды и атмосферных осадков.

ТМ, поступающие на поверхность почвы в результате антропогенного загрязнения, накапливаются в почвенном профиле, особенно в верхних горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Период полужизни ТМ сильно варьирует для различных элементов и составляет, например, для Zn - от 70 до 510 лет, Cd - от 13 до 110 лет, Cu - от 310 до 1500 лет и для Pb - от 740 до 5900 (Химическое..., 1991).

В целом, уровень загрязнения ТМ компонентов ПТК нефтегазоконденсатных месторож-

дений севера Западной Сибири незначителен. Отсутствие крупных городов, металлургических и горнообогатительных предприятий, ТЭС и развитой сети автодорог обуславливает относительно низкий уровень концентраций ТМ антропогенного происхождения. Однако значительные площади разрабатываемых месторождений, а главное увеличивающаяся добыча углеводородного сырья и освоение новых месторождений могут вносить достаточно весомый вклад в загрязнение ТМ природных систем севера Западной Сибири.

Основным источником поступления ТМ в компоненты ПТК являются буровые работы, промысловые и геологоразведочные скважины. Проведение буровых работ приводит к формированию локальных техногенных геохимических аномалий ряда ТМ: Ва, Сu, Zn и Pb. Аномалии, установленные для Ва, Pb, Zn, имеют вид ореола рассеяния с центром у устья скважины



1- скважина разведочного бурения
2 – значение Z_c в точках опробования
3 – умеренно опасное загрязнение (Z_c 16-32)
4. опасное загрязнение (Z_c 32-64)
Рис. 3.3. Значения суммарного показателя загрязнения почв вокруг геологоразведочной скважины, Бованенковское месторождение, п-ов Ямал (Московченко, 1998)

ции поллютантов в донных отложениях. Накопление загрязняющих веществ в донных осадках может приводить к вторичному загрязнению поверхностных вод (Солнцева, 1998; Опекунова, 2005; Опекунов, 2012; Опекунов и др., 2012).

Загрязнение почвенного покрова при проведении буровых работ меняет химический состав растений. Так например в растениях месторождений Большеземельской тундры отмечены повышенные концентрации Ва в растениях травяно-кустарничкового яруса и Сг в растениях травяного яруса (Тентяков, Кузиванова, 1986). На нарушенных участках месторождений в районе г. Новый Уренгой определено увеличение концентраций ТМ (относительно регионального

(рис. 3.3). Глубина проникновения загрязняющих веществ в почву визуально ограничивается глеевым горизонтом. Радиус геохимических аномалий зависит от числа скважин в кусте и редко превышает 200—250 м (Московченко, 1998). При загрязнении почв буровыми растворами максимальные концентрации Ва, Сu, Zn и Pb отмечаются в верхних горизонтах почв (табл. 3.4)

В связи с повышенными концентрациями ТМ в почвах возможно увеличение содержания ряда ТМ в поверхностных водах и растениях. Так например, на территории Харасавэйского месторождения вода в колодах транспорта на техногенных участках имеют повышенные (по сравнению с региональным фоном – озерная вода) концентрации: Со – в 6 раз; Сг – в 3; Ni – 11; Pb – 1,6; Zn – 2,2; Cu – 3,3; Mn – 26,6; V – 10 (Савченко, 1992). Вынос ТМ с нарушенных территорий приводит к загрязнению водных объектов и аккумуля-

фона) в багульнике *Ledum decumbens* и лишайнике *Cladonia alpestris*: Cu в 2-4 раза; Zn – в 2-5; Ni – в 3-5; Cr до 10 (Опекунова и др., 1998). В ПТК рядом с участками проведения буровых работ отмечаются повышенные содержания Co, Ni, Cd и Ba в лишайнике и багульнике. Эксплуатация инфраструктуры промыслов, особенно вездеходных дорог приводит к росту концентраций в растениях Cu, Zn, Ni, Cr. Отсыпка производственных площадок и дорог сопровождается накоплением в растениях литогенных элементов Ti, Zr, Y, V (Опекунова и др., 2015).

Таблица 3.4.

Вертикальное распределение ТМ в почве после загрязнения буровым раствором, мг/кг, Бованенковское м-е, п-ов Ямал по Д.В. Московченко (1998)

Глубина, см	Ba	Cu	Zn	Pb
0-5	>10 000	40	150	150
5-15	>10 000	30	120	80
15-30	8 000	20	80	15
30-45	1 000	30	80	15

Несмотря на то, что повышенные концентрации ТМ в почвах носят локальный характер (Московченко, 1998, 2006, 2010; Опекунов и др., 2012) и приурочены, преимущественно, к районам проведения буровых работ, стоит отметить значительное количество геологоразведочных скважин и кустов скважин на территории месторождений. Например, на Бованенковском месторождении около 1500 скважин, объединенных не менее чем в 300 кустов; Юрхаровское ГКМ – 15 геологоразведочных скважин и 4 куста; группа месторождений Кынско-Часельского участка 76 скважин и – 7 кустов. Каждая скважина является центром геохимической аномалии и в результате такие аномалии занимают значительное пространство. Техногенные аномалии – это источник вторичного загрязнения. Наличие на исследованной территории севера Западной Сибири сильно развитой гидрографической сети, преобладание поверхностного стока, большое количества осадков (особенно в летней период) и высокая степень подвижности химических элементов, приводят к распространению загрязняющих веществ на значительные расстояния (Московченко, 1998).

Одним из основных поллютантов при нефтегазодобыче являются вещества группы ПАУ. ПАУ не производятся промышленностью, они образуются в процессах горения и содержатся во многих природных продуктах. Особое внимание, уделяемое этим соединениям, вызвано их канцерогенными свойствами. Собственно к соединениям группы ПАУ относят нафталин, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, 2,6-диметилнафталин, флуорантен, 1-метилфенантрен, пирен, 2,3,6-триметилнафталин, хризен, перилен, бенз/а/антрацен, бенз/б/флуорантен, бенз/к/флуорантен, бенз/а/пирен, дибенз/аh/антрацен, индено/123cd/пирен, бенз/ghi/перилен и др.. Вещества группы ПАУ можно встретить в смолах, битумах и саже, они выделяются из гуминовых компонентов почв, содержатся в выхлопных газах двигателей, продуктах горения печей и отопительных установок, поступают в атмосферу в составе выбросов и отходов коксохимических и некоторых химических заводов. Обогащены ПАУ и пластовые воды, сбрасываемые

мые на поверхность. Наряду с нафталином, они содержат фенантрен, пирен и бенз/б/ флуорантен (Патин, 2001). Кроме того, на стадии освоения и пуска месторождений основными источниками поступления ПАУ в окружающую среду являются факельные установки для дожига некондиционных газоконденсатных смесей, автомобильный транспорт и газогенераторные установки.

О распаде ПАУ в природных средах существуют противоречивые сведения. В водной среде их токсичность уменьшается в 2 раза за 5-10 лет. При микробиологическом распаде этот период составляет 50-60 дней, однако за этот промежуток времени вещества не разрушаются полностью, а лишь изменяются под действием ферментов (Фелленберг, 1997).

Накопление ПАУ в почвах связано с процессами трансформации органических веществ и их переносом от техногенных источников. Попадающие в почву и природные воды ПАУ могут мигрировать, связываться с твердыми фазами и взвесями, трансформироваться в другие соединения (Хаустов, Редина, 2014). Закономерности адсорбции ПАУ как неполярных гидрофобных соединений различными минеральными и органическими частицами полностью не изучены. При этом, однако, известно, что сорбционная способность в значительной степени зависит от уровня растворимости того или иного ароматического соединения (Лозановская, 1998).

Распределение ПАУ в профилях почв северной тайги имеет элювиально-иллювиальный характер. Органогенные и иллювиальные горизонты служат биогеохимическими барьерами на пути миграции ПАУ в пределах вертикального профиля. Легкие ПАУ (фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз/а/антрацен, хризен) мигрируют в нижележащие горизонты; тяжелые (бенз/а/пирен, бенз/б/флуорантен, дибенз/а/антрацен, бенз/ghi/перилен, индено/1,2,3cd/пирен) накапливаются в верхних органогенных горизонтах (Безносиков и др., 2005).

Таким образом, можно сказать, что антропогенная нагрузка при освоении месторождений может выражаться в увеличении концентрации в компонентах ПТК, в первую очередь, НУ, ПАУ и ТМ. Повышенное содержание поллютантов обусловлено в первую очередь прямым их поступлением от производственных объектов месторождений. Изменение подвижности ТМ, вследствие как подкисления почвенного покрова, так и антропогенного увеличения степени обводненности территории, может быть косвенным фактором увеличения содержания ТМ в компонентах ПТК (в первую очередь растений). В целом, загрязнение ПТК НУ связано с прямым поступлением поллютантов, а загрязнение ТМ является следствием как эмиссионного, так и ландшафтно-деструкционного воздействия при нефтегазодобыче.

ГЛАВА 4. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПТК ИССЛЕДОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

4.1. Загрязняющие вещества в поверхностных водах и донных осадках

Основные пути поступления загрязняющих веществ в водные объекты Надым-Пур-Тазовского междуречья это поверхностный и внутрипочвенный сток, атмосферный перенос, прямой сброс сточных вод (промышленных и коммунальных), аварийные разливы и захоронение отходов (Михайлова, 1991; Московченко, 1998; Дьяконов, 1998, Солнцева, 1998; Елин, 2000; Сысо и др., 2001; Опекунов и др., 2012). Значительная изменчивость содержаний поллютантов в поверхностных водах в связи с высокой контрастностью природных условий исследованной территории и антропогенным воздействием на различных уровнях (локальном, территориальном и региональном) существенно затрудняет идентификацию и разделение факторов на антропогенные и природные.

Проведенный анализ распределения загрязняющих веществ в водных объектах позволяет оценить различные процессы, оказывающих влияние на содержание поллютантов в реках и озерах ЛУ нефтегазовых месторождений Надым-Пур-Тазовского междуречья.

4.1.1. Гидрохимические показатели в природных водах

Речные и озерные воды исследованной территории по анионно-катионному составу имеют сходные параметры и отличаются крайне незначительно. В целом, большинство показателей в поверхностных водах характеризуются низкими значениями. В обобщенных выборках отдельно по рекам и озерам отмечается существенный разброс почти всех гидрохимических параметров (табл. 4.1), за исключением pH и сухого остатка, что связано с высокой изменчивостью анионно-катионного состава поверхностных вод района исследований вследствие хорошо развитой и контрастной гидрографической сети (Московченко 1998, 2006; Сысо и др., 2001; Атлас, 2004; Опекунов и др., 2012). Максимальные разбросы характерны для содержания минерального фосфора, хлоридов, аммонийного азота, нитратов и нитритов.

Таблица 4.1

Статистические показатели анионно-катионного состава поверхностных вод
исследованной территории (мг/л)

		pH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P _{мин}	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сухой остаток
реки	средн	6,16	0,051	0,598	0,138	0,052	2,7	2,4	12,6	3,5	1,3	2,5	0,64	54
	мин	4,52	0,001	0,001	0,003	0,002	0,3	0,2	0,9	0,7	0,2	0,8	0,13	22
	макс	7,74	0,182	2,970	1,950	0,545	11,9	22	45,4	22,1	9,9	10,0	2,55	148
	коэф вар, %	10	105	127	144	159	70	130	77	73	82	68	60	29
	n	144	110	151	123	129	156	156	111	136	121	133	133	136
озера	средн	6,00	0,037	0,608	0,169	0,030	2,3	2,1	16,0	3,1	0,9	2,4	0,75	54
	мин	4,23	0,001	0,001	0,003	0,002	0,3	0,1	0,9	0,2	0,1	0,3	0,14	6
	макс	7,65	0,756	2,986	1,590	0,226	9,8	14	49,2	11,0	2,5	12,0	3,43	114
	коэф вар, %	12	213	129	136	107	65	80	83	62	59	63	72	28
	n	167	134	168	158	134	181	181	110	166	146	166	165	168
ПДКв.р.х.н			0,08	40	0,5	0,15	100	300	-	180	40	120	50	-

Средние значения гидрохимических показателей для поверхностных вод ЛУ являются типичными для водных объектов севера Западной Сибири (Уварова 1989, 2010, 2011; Москвиченко 2003, 2007, 2008; Агбалян и др., 2015) и определены на уровне фоновых величин (Опекунов и др., 2012) (см. прил. табл. 9). Среднее содержание большинства химических элементов не превышают ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{в.р. х.н.}). Исключение составляет незначительное превышение ПДК_{в.р.х.н.} по среднему содержанию для нитритов в водах Самбургского ЛУ, аммонийного азота и фосфатов в водах Хадырьяхинского ЛУ.

По результатам статистической обработки данных, можно выделить несколько факторов, влияющих на анионно-катионный состав поверхностных вод. Гидрохимические показатели можно разделить на две группы (см. прил. рис. 16). В первую группу входят химические соединения, содержания которых обусловлены общими факторами (водородный показатель, концентрация гидрокарбонатов, сульфатов и нитритов) и определяющие анионно-катионный состав поверхностных вод. Вторая группа в обобщенной выборке представлена показателями, связанными с физико-географическими условиями расположения водного объекта, типом донных отложений и водосборных площадей.

Анализ факторной структуры обобщенной выборки для поверхностных вод позволяет выделить ведущие факторы, оказывающие влияние на химический состав (см. прил. табл. 10).

Занимающим первое место в факторной структуре обобщенной выборки стал компонент, связанный с особенностями общего распределения химических веществ в поверхностных водах исследованной территории (рис. 4.1). Нагрузки фактора F1 равномерно распределены по всем

$$F123\% \frac{NO_2^- 35}{Ca^{2+} 69 \text{ Сухой остаток } 67 HCO_3^- 63 Mg^{2+} 62 Na^+ 58 P_{53} rH_{38} NO_3^- 33 Cl^- 32 SO_4^{2-} 31 K^+ 31}$$

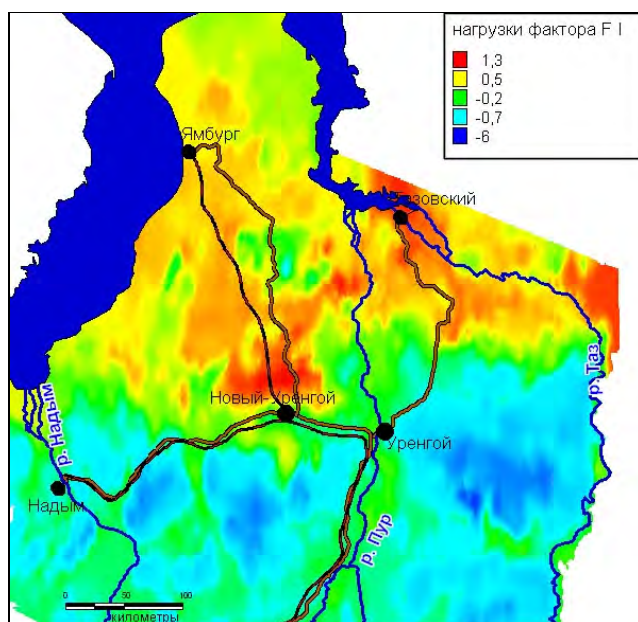


Рис. 4.1. Распределение нагрузок фактора F1 для обобщенной выборки гидрохимических показателей поверхностных вод исследованной территории (метод интерполяции IDW).

водным объектам. Как видно из рис. 4.1. отрицательные нагрузки, связанные с общим характером содержания химических элементов в поверхностных водах региона проявляются на большей части территории. Положительные нагрузки, обусловленные особенностями водосборных площадей, проявляются в районах с максимальным торфонакоплением. Точная интерпретация остальных факторов в обобщенной выборке представляется затруднительной.

Существенное влияние на факторную структуру оказывают различия в гидрохимических показателях для разных типов водных объектов (реки и озера), но существует общая закономерность для всех типов водных объектов. Основным фактором, определяющим химический состав поверхностных вод, является поступление ионов из пород, формирующих водосборные площади. Характер поступления зависит от зональных факторов. Приоритет влияния зональных характеристик ландшафта на формирование химического состава поверхностных вод Надым-Пур-Тазовского междуречья подтверждается другими исследованиями анионно-катионного состава вод рек севера Западной Сибири (Московченко, 2006).

Для выявления закономерностей содержания химических элементов в поверхностных водах проведен анализ отдельно по выборкам для водотоков и озер фоновых и нарушенных территорий. Несмотря на незначительные расхождения гидрохимических показателей вод рек и озер исследованной территории, определены существенные различия в характере анионно-катионного состава рек и озер нарушенных и фоновых территорий.

4.1.1.1. Гидрохимические показатели в водах рек

Сравнение средних значений гидрохимических показателей вод рек ЛУ освоенных и разрабатываемых месторождений с фоновыми участками Надым-Пур-Тазовского междуречья, а также факторный анализ позволяют выделить ряд природных и антропогенных процессов, определяющих химический состав водотоков.

Определенные в водах рек гидрохимические показатели можно разделить на две группы: параметры, повышенные значения которых обусловлены исключительно антропогенным воздействием, и показатели, значения которых определяются, в первую очередь, природными факторами. В первую группу, связанную с техногенным воздействием, входят содержания минерального фосфора, сульфатов, хлоридов и натрия, концентрации которых имеют достоверные различия в зависимости от антропогенной нагрузки (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Статистические показатели анионно-катионного состава вод рек нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/л).

		pH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	P мин.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сухой остаток
антропогенно-нарушенные участки	средн	5,95	0,048	0,384	0,17	0,085	2,6	3,0	9,3	3,9	1,7	3,1	0,58	54
	мин	4,52	0,001	0,001	0,02	0,003	0,3	0,4	2,5	1,1	0,2	1,1	0,13	22
	макс	7,30	0,182	2,861	0,52	0,545	11,9	21,5	37,4	22,1	9,9	10,0	2,55	148
	коэф вар, %	10	119	152	62	132	91	139	90	87	63	75	82	35
	n	70	45	78	50	62	83	81	42	63	47	60	60	63
Фоновые участки	средн	6,33	0,051	0,680	0,070	0,022	1,7	1,7	13,0	3,1	1,1	2,1	0,68	53
	мин	4,81	0,003	0,001	0,003	0,002	0,4	0,6	0,9	0,7	0,2	0,8	0,13	31
	макс	7,49	0,158	2,345	0,196	0,054	4,9	3,5	27,5	5,6	2,3	4,3	1,26	74
	коэф вар, %	8	97	80	73	57	41	47	61	45	45	33	40	23
	n	72	65	71	65	67	73	73	64	74	72	73	73	74
F-расч/F-крит		1,4<1,5	1,3<1,6	1,6>1,5	4,1>1,5	74>1,5	4,7>1,5	26>1,5	1<1,6	6>1,5	10>1,5	11>1,5	3>1,5	2,5>1,5
t-расч/t-крит		4>2	0,3<2	3>2	6>2	4,4>2	3>2	2,7>2	2<2	1,8<2	2,5>2	3,3>2	1<2	0,4<2

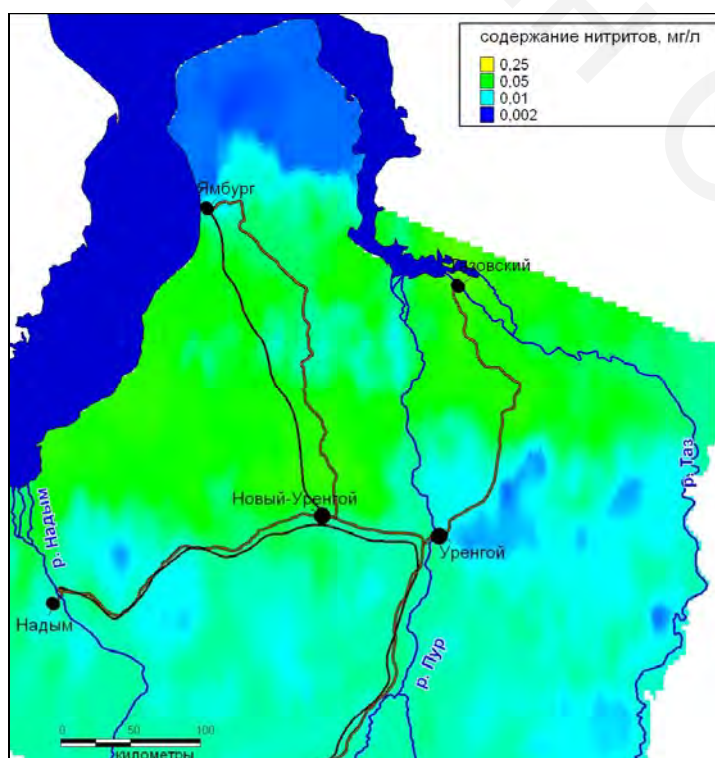
При этом отмечается увеличение как средних значений их концентрации, так и существенный рост максимальных значений показателей, а также коэффициентов вариации. Вторая группа, связанная исключительно с природными факторами, представлена следующими показателями: значение pH, сухой остаток, содержания кальция, калия, гидрокарбонатов, магния и нитритов и нитратов. Отдельно стоит выделить содержание аммонийного азота, статистические характеристики выборок которого не позволяют отнести его однозначно ни к одной из групп.

Анализ факторной структуры выборки гидрохимических показателей для рек исследованной территории позволяет выделить несколько значимых процессов (см. прил. табл. 11).

Основным, определяющим анионно-катионный состав рек, является природный зонально-ландшафтный фактор, связанный с общим содержанием химических элементов в водах рек и ручьев в зависимости от зональности и ландшафта.

$$F \text{ I}27\% \frac{Ca^{2+}_{81} \text{ Сухой остаток } Mg^{2+}_{74} P_{56} HCO_3^{-}_{55} Na^{+}_{48} K^{+}_{38} pH_{35} Cl^{-}_{35} SO_4^{2-}_{30} NO_3^{-}_{26}}{NO_2^{-}_{54}}$$

Этот же компонент занимает первое место и в обобщенной выборке. Равномерное распределение нагрузок фактора по всем рекам исследованной территории (рис. 4.2) связано зональными процессами, общими параметрами анионно-катионного состава вод рек севера Западной Сибири и различием в водосборных площадях (торфяники, минеральные почвы). Анализ ассоциации химических элементов в факторе позволяет сделать выводы о том, что основными опреде-



ляющими химический состав в водах рек являются окислительно-восстановительные условия, связанные с термическим режимом рек, и наличие органического вещества в воде. Нахождение нитритов в ассоциации элементов как антагониста, подтверждает этот вывод. Концентрация нитратов в воде зависит от окислительно-восстановительных условий: при анаэробных условиях нитраты восстанавливаются до нитритов. Как видно из рис. 4.2, содержание нитритов в водах рек имеет четко выраженную зональную зависимость

Рис. 4.2. Распределение содержания нитритов в реках исследованной территории (метод интерполяции IDW)

В северной части исследованной территории концентрация нитритов в речных водах резко снижается. Водосборные площади в северной части представлены минеральными почвами с очень слабовыраженными органогенными горизонтами и значением pH близким к нейтраль-

ному. Одновременно проявляются два фактора: низкое поступление органического вещества в воды рек и отсутствие процессов восстановления нитратов до нитритов. В центральной части происходит увеличение концентрации нитритов в связи с тем, что водосборные площади рек представлены торфяниками и болотами. В воды рек поступает значительное количество органического вещества. Окислительно-восстановительные условия благоприятствуют восстановлению нитратов до нитритов. Незначительное при этом снижение концентраций нитритов в южной части, связано с увеличением степени обводненности территории, сложной мозаичной структурой почвенного покрова водосборов и снижением общей площади торфяников. Такая же закономерность для рек севера Западной Сибири отмечена и в работах Д.В. Московченко (2006, 2010, 2013 и др.).

Вторым фактором, определяющим гидрохимические показатели в водах рек, стало загрязнение вследствие поступления загрязнителей при проведении буровых работ.

Увеличение нагрузок фактора F II отмечено в реках и водах, расположенных в непосредственной близости к объектам нефтепромыслов (эксплуатационные скважины, шламовые амбары, площадки геологоразведочного бурения). Снижение нагрузок определено для тех ЛУ, на которых не осуществляется

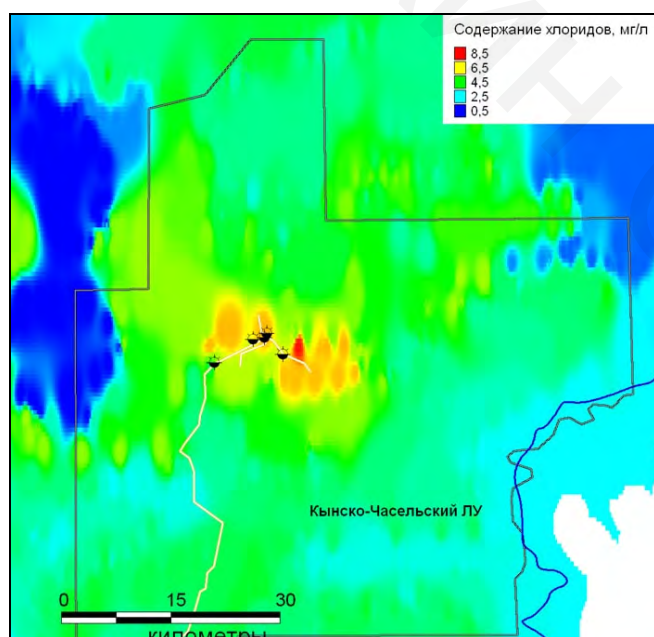


Рис. 4.3. Распределение содержания хлоридов в реках Кынского-Часельского ЛУ (метод интерполяции IDW)

освоение месторождений (рис. 4.3). Максимальные концентрации хлоридов определены в реках и ручьях, расположенных в районе интенсивного проведения буровых работ на Кынско-Часельском ЛУ (Кынское НГКМ). В естественных условиях поверхностные воды севера Западной Сибири характеризуются гидрокарбонатным-кальциевым составом с низкой минерализацией и низким содержанием солей (Алекин, 1970; Михайлова и др., 1988; Михайлова, 1991; Уварова, 1995; Московченко, 2003; Атлас..., 2004).

При проведении буровых работ в водные объекты поступают высокоминерализованные пластовые воды (преимущественно, хлоридного и сульфатного типа). Одновременно, возможна эмиссия сульфатов, хлоридов и натрия из бурового шлама. В опубликованных работах рядом исследователей отмечается, что загрязнение поверхностных вод в районах нефтедобычи связано с резким увеличением концентраций ионов хлора и натрия, а воды рек могут изменять тип с гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый или на сульфатно-натриевый

(Сысо и др., 2001; Московченко, 2006, 2010; Московченко и др., 2008; Сванидзе и др., 2014). Это обусловлено прямым загрязнением водных объектов и почвенного покрова водосборов пластовыми минерализованными водами (сброс вод при бурении и эксплуатации скважин, коррозия устьевого оборудования законсервированных скважин, некачественный тампонаж ликвидированных скважин) или поступлением поллютантов вследствие разрушения обваловок шламовых амбаров (рис. 4.4), вымыванием загрязняющих веществ с санкционированных и несанкционированных свалок буровых отходов, а также брошенных в прошлом на участках геолого-разведки складированных буровых растворов (Михайлова, 1991; Теоретические основы, 1992; Матусевич, Ковяткина, 1997; Московченко, 1998; Дьяконов, 1998; Кукушкин и др., 2009; Опекунов и др., 2012, 2015; Сванидзе и др. 2014).

Интерпретация данного фактора как антропогенного подтверждается исследованиями Д.В. Московченко, в которых им был выделен техногенный фактор, влияющий на состав и качество речных вод в районах нефтедобычи севера Западной Сибири и приводящий к возрастанию содержания ионов натрия и хлора (Московченко, 2006).



Рис. 4.4. Сброс минерализованных вод (куст скважин №5 Пырейного ЛУ). Содержание в водах ручья в 50 метрах от площадки куста скважин: хлориды – 816 мг/л, сульфаты – 5,8мг/л, аммонийный азот – 3,97мг/л (фото автора).

Третий и четвертый факторы, отвечающие за распределение гидрохимических показателей в выборке по рекам, отнесены к природным зональным. Они связаны с особенностями термического режима водотоков, количеством поступления органического вещества в реки и естественными значениями водородного показателя.

$$F \text{ III } 12\% \frac{pH_{62} NO_3^- 52 HCO_3^- 37}{NH_4^+ 58 NO_2^- 36 Mg^{2+} 33} \quad F \text{ IV } 8\% \frac{NH_4^+ 55 NO_3^- 45}{K^+ 63 NO_2^- 31}$$

Оба фактора подтверждают известные закономерности взаимосвязи соотношений концентраций нитратов и нитритов (в анаэробных условиях происходит восстановление нитратов до нитритов) и связь водородного показателя с соотношением содержания нитратов и аммонийного азота (Алекин, 1970). Можно отметить четкую зональную зависимость положительных нагрузок факторов от увеличения значения pH и снижения концентрации аммонийного

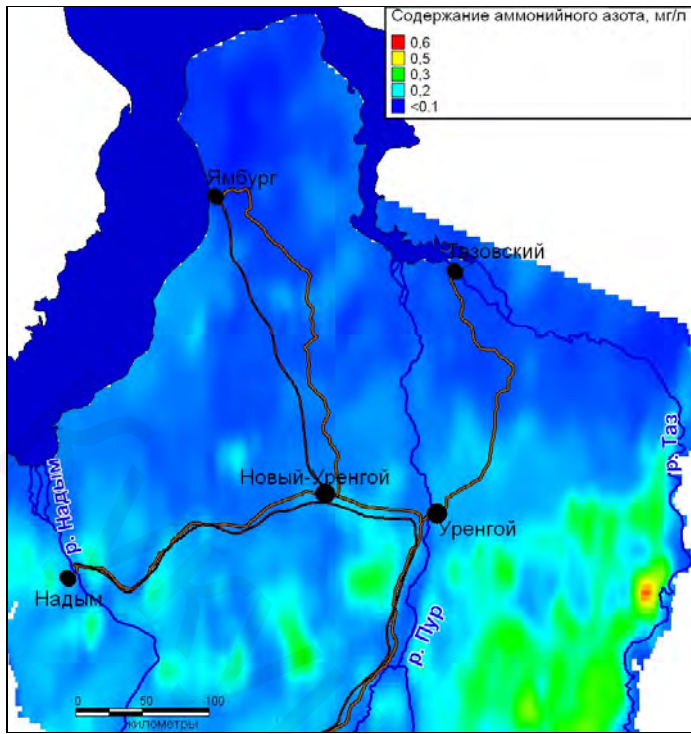


Рис. 4.5. Распределение содержания аммонийного азота в реках исследованной территории (метод интерполяции IDW)

тами других исследователей о зависимости фактора от присутствия в водотоках органических веществ различной природы (Московченко, 2006; Хорошавин, Ефименко, 2014)

Пятый фактор, отвечающий за распределение химических элементов в малых реках, связан с геологическим строением территории и определяет поступлением химических элементов из четвертичных морских отложений в связи с водной эрозией.

Он проявляется только в реках, дренирующих четвертую морскую

террасу и представляет собой антагонизм двух источников поступления вследствие водной эрозии: фосфатов в воды рек с нарушенных при экскавационных работах (выемка и отсыпка грунтов для создания объектов инфраструктуры месторождений) ландшафтов и соединений магния из толщи морских террас четвертичных отложений. Максимальное увеличение нагрузок было определено в водотоках, расположенных вдоль участков со значительной степенью механической нарушенности почвенного покрова и совпадающих с ростом содержания минерального фосфора в водах рек.

Наиболее характерным является проявление фактора в водотоках Северо-Часельского ЛУ, полностью расположенного на четвертой морской террасе (рис 4.6). На момент проведения исследований на территории ЛУ проводились интенсивные работы по обустройству автомобильной дороги Уренгой – Южно-Русское месторождение, что сопровождалось значительным уровнем механических нарушений ландшафтов при проведении экскавационных работ (рис 4.7). На обозначенной территории происходит интенсивная эрозия почв и в реки поступает значительное количество взвешенных частиц. Все нарушенные участки расположены на склонах

азота к северу (рис 4.5). При увеличении содержания аммонийного азота в воде, снижается значение pH и происходит восстановление нитратов до нитритов. При росте концентрации нитратов, снижается содержание нитритов и аммонийного азота и увеличивается значение pH. Четвертый фактор является частным случаем третьего. Основное его отличие выражается в зависимости от интенсивности разложения органического вещества. Данный компонент полностью относится к зональным и связан с термическим режимом рек. Выводы о природном характере процессов подтверждаются и рабо-

$$F \text{ V7\% } \frac{P_{\min 72} \text{HCO}_3^-_{32}}{\text{Mg}^{2+}_{36}}$$

долин рек, что способствует выносу соединений фосфора в водотоки. На вынос фосфатов указывает присутствие в ассоциации гидрокарбонатов. Угольная кислота способствует десорбции

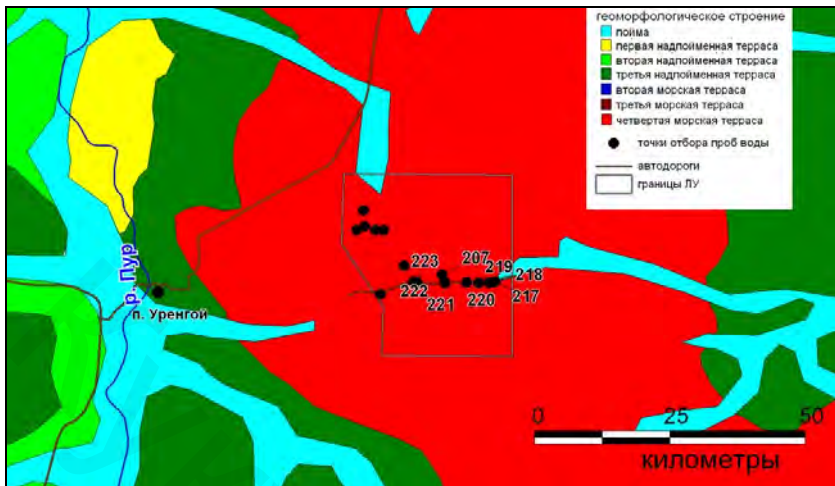


Рис. 4.6. Положение Северо-Часельского ЛУ относительно четвертичных отложений на территории исследований

фосфора и усиливает миграцию фосфатов. Часть участков представляют собой полностью лишённые растительности площадки голого грунта, часть представлены насыпным грунтом из близлежащих карьеров, отмечается наличие небольших по глубине, но значительных по площади песчаных карьеров.



Точка отбора проб воды №224, концентрация минерального фосфора 0,213 мг/л, нагрузки фактора F V= 6.



Точка отбора проб воды №221, концентрация минерального фосфора 0,209 мг/л, нагрузки фактора F V=4.

Рис. 4.7. Механические нарушения почвенного покрова и интенсивная эрозия на территории Северо-Часельского ЛУ на участках, приуроченных к водотокам с максимальными положительными нагрузками фактора F V (фото автора).

Дополнительным источником поступления фосфатов в воды рек, предположительно, можно считать работы по рекультивации карьеров. На момент исследований часть карьеров находилась в стадии интенсивной рекультивации (произведен засев злаковыми культурами с возможным внесением фосфатных удобрений).

Максимальные отрицательные нагрузки отмечены в водах рек северной части исследо-

ванной территории, что может быть обусловлено поступлением магния с водосборной площади, представленной четвертичными отложениями четвертой морской террасы. В северной части, реки и ручьи образуют неглубокие каньоны, временные водотоки часто образуют овраги, что приводит к интенсивному выносу химических элементов в водотоки.

Шестой фактор, оказывающий влияние на гидрохимические показатели рек, относится к природному, связанному с естественным поступлением органического вещества в воды рек, характером осадконакопления (накопление органического вещества), окислительно-восстановительными условиями и гидрологическими характеристиками водотоков. Ассоциация элементов в факторе полностью отображает естественное соотношение и зависимость между содержанием нитритов, аммонийного азота и водородного показателя (увеличение содержания аммонийного азота в водах рек приводит к увеличению значения pH и снижению концентрации нитритов). Компонент выражен в водотоках со значительным количеством органического вещества в донных осадках. Максимальные положительные нагрузки фактора проявляются в реках с застойным режимом в южной части исследованной территории, с характерной торфянистой водой. Это связано со значительным поступлением с болотными водами органического вещества и его последующим разложением. Максимальные отрицательные нагрузки фактора отмечаются в водотоках в северной части территории. Реки характеризуются относительно высокой скоростью течения, вода прозрачная, но донные отложения рек насыщены органическим материалом. В связи с низким значением pH и незначительным поступлением органики, азотсодержащие вещества представлены нитритами.

Таким образом, проведенный анализ позволяет выделить несколько антропогенных и природных процессов оказывающих значимое влияние на содержание химических элементов в водах рек исследованной территории. Общий вес антропогенных факторов, связанных с освоением месторождений, не превышает 28%, природных - 72% (рис 4.8).

Основными факторами, влияющими на гидрохимический состав вод рек, являются

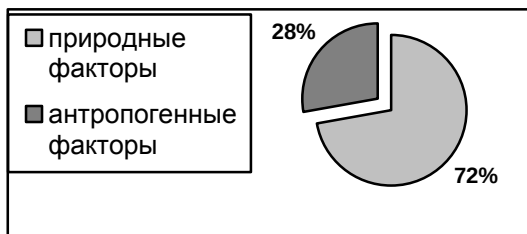


Рис. 4.8. Соотношение природных и антропогенных факторов, формирующих гидрохимический состав вод рек.

природные условия, обусловленные поступлением химических веществ из горных пород и поверхности водосбора. Основной вклад в анионно-катионный состав вносят зонально-ландшафтные процессы (рис. 4.9). Можно выделить четкое зональное различие в гидрохимическом составе вод рек южной и северной части. Анионно-катионный состав рек в основном за-

висит от термического режима, характера почвенного покрова водосборной площади, типа донных отложений, гидрологических характеристик водотоков и подстилающих горных пород.

Важными параметрами, определяющими гидрохимические показатели в водах рек стали

интенсивность поступления органического вещества и его параметры (степень разложения как при сносе с почвенного покрова, так и в самой воде и в донных отложениях). Соотношение различных форм азота в водах рек, почти во всех парагенезисах играет основную роль. Крайне значимым показателем, определяющим общий гидрохимический состав водотоков, является характер окислительно-восстановительных условий.

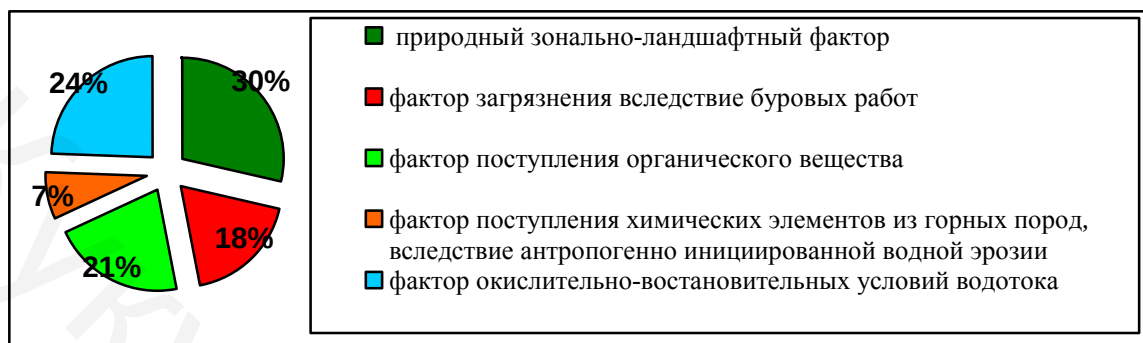


Рис. 4.9. Соотношение факторов, формирующих гидрохимический состав вод рек.

Степень влияния антропогенных факторов на формирование анионно-катионного состава рек исследованной территории существенно меньше, чем природных. При этом крайне важно отметить, что антропогенные факторы определяют химический состав только малых водотоков. Значительная полноводность больших рек и локальное проявление антропогенного воздействия при освоении нефтегазоконденсатных месторождений Надым-Пур-Тазовского междуречья практически не приводят к существенному влиянию техногенных процессов на анионно-катионный состав крупных водотоков (Опекунов и др., 2012).

Основной антропогенный фактор, отвечающий за гидрохимический состав малых рек и водотоков при освоении месторождений, связан с загрязнением вод рек вследствие проведения буровых работ. Данный техногенный фактор характеризуется увеличением концентраций ионов хлора, натрия и сульфатов. При этом стоит отметить, что концентрации этих веществ определены на крайне низком уровне (за исключением единичного проявления экстремально высоких содержаний в водотоке рядом с кустом скважин №5 Пырейного ЛУ). Средние и максимальные концентрации хлоридов, натрия и сульфатов в водах рек антропогенно нарушенных территорий ЛУ Надым-Пур-Тазовского междуречья существенно ниже, чем в других регионах севера Западной Сибири. Максимальные содержания ионов не превышают 10-15 мг/л. Например, в водотоке в районе скважины №242 Ново-Часельского месторождения Кынско-Часельского ЛУ концентрация хлоридов составила 8,5 мг/л, сульфатов – 4,7 мг/л, натрия – 8,8 мг/л; На территории Берегового ЛУ, в воде р. Малая Хадырьяха на участке пересечения внешним газопроводом определена максимальная для всех рек исследованных ЛУ концентрация хлоридов – 12 мг/л (концентрация сульфатов при этом составила – 2,3 мг/л). В реках ХМАО различными исследователями (Сысо и др., 2001; Московченко и др., 2008; Сванидзе и др., 2014) определены концентрации, на порядок превышающие максимальные значения для рек ЛУ Надым-Пур-

Тазовского междуречья. Например, в реке Ватинский Еган среднее значение хлоридов определены на уровне 260мг/л, а максимальное содержание достигает на территории Самотлорского месторождения 300мг/л с пиками до 1000мг/л (Московченко и др., 2008). Однако, несмотря на низкие абсолютные значения концентраций хлоридов, сульфатов и натрия в водах малых рек исследованной территории, статистический анализ показал достоверное различие для водотоков фоновых и нарушенных территорий (см табл. 4.2). В реках нарушенных участков отмечается увеличение средних и максимальных концентраций, а также значений коэффициентов вариации для хлоридов, сульфатов и натрия (рис. 4.10).

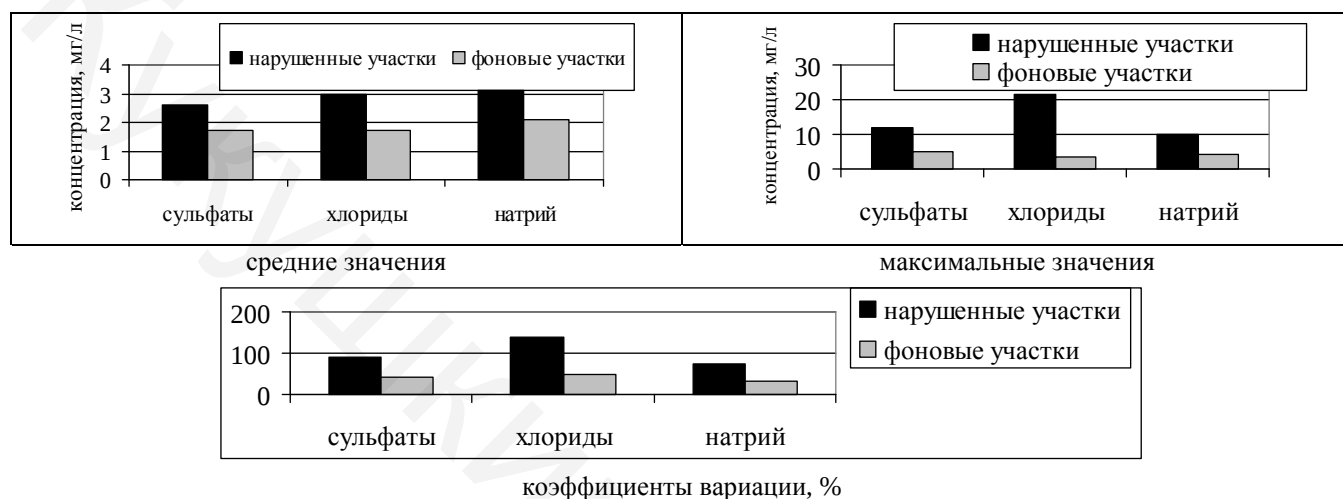


Рис. 4.10. Статистические показатели содержания хлоридов, сульфатов и натрия в водах рек нарушенных и фоновых территорий

Вторым антропогенным фактором, оказывающим влияние на гидрохимический состав вод рек, стал процесс поступления химических элементов из горных пород вследствие водной эрозии на нарушенных участках. Механическое воздействие на почвенный покров, разрушение почвенного покрова, образование карьеров инициируют интенсивную водную эрозию, активизирующую поступление химических вещества из почвообразующих пород. Можно считать, что увеличение концентрации минерального фосфора в водах рек имеет прямую связь с механическим воздействием на ландшафты при освоении месторождений. Сравнение выборок водотоков фоновых и нарушенных территорий позволяет установить достоверные различия средних содержаний (см. табл. 4.2). На нарушенных территориях отмечено резкое увеличение концентраций минерального фосфора в водотоках (рис 4.11). При этом необходимо отметить более чем двукратное увеличение коэффициента вариации в выборке по рекам нарушенных территорий. Дополнительным источником поступления соединений фосфора в воды рек может являться процесс выноса фосфатных удобрений с поверхности рекультивированных карьеров.

Отдельно стоит выделить показатели содержания аммонийного азота. Статистический анализ показал достоверные различия в выборках нарушенных и фоновых территорий. Однако, максимальное содержание аммония (0,52мг/л) только в одном единственном случае превышает ПДК р.х.н. на территории Яро-Яхинского ЛУ в слабопроточном ручье (с истоком в заболочен-

ном озере). Все незначительно повышенные концентрации аммонийного азота определены в малых слабопроточных водотоках с признаками эвтрофирования. В заболоченных водоемах часто может отмечаться увеличение содержания аммония (Кремлева и др., 2013). Рост средних значений концентрации аммонийного азота в водотоках нарушенных территорий, при более низком, чем на фоновых, коэффициенте вариации для рек нарушенных участков (62% для нарушенных и 74% для фоновых), присутствие аммония в ассоциации с соединениями естественного происхождения позволяют нам сделать однозначный вывод о причинах природного характера, влияющих на содержание аммонийного азота в реках.



Рис. 4.11. Статистические показатели содержания минерального фосфора в водах рек нарушенных и фоновых территорий

Таким образом, можно сказать, что гидрохимический состав рек Надым-Пур-Тазовского междуречья определяют природные зональные факторы, связанные с поступлением органического вещества с водосборных территорий, термическим и гидрологическим режимами водотоков. Основные антропогенные факторы, влияющие на гидрохимический состав, обусловлены загрязнением малых рек вследствие проведения буровых работ и механическим нарушением ландшафтов, приводящим к активизации процессов водной эрозии. Основными индикаторами антропогенной нагрузки при освоении месторождений можно считать увеличение концентрации в водах рек – хлоридов, сульфатов, натрия и минерального фосфора.

4.1.1.2. Гидрохимические показатели в водах озер

По гидрохимическим показателям озерные воды Надым-Пур-Тазовского междуречья незначительно отличаются от речных вод. Однако разброс параметров значительно выше. Существенные отличия определены и для факторной структуры вод озер, а наибольшие отмечаются при сравнении выборок фоновых и нарушенных территорий (табл. 4.3).

В первую очередь, озерные воды характеризуются крайне высокой вариабельностью содержания нитратов и нитритов как в водоемах нарушенных, так и в водоемах фоновых территорий. Коэффициенты вариации в 2-2,5 раза выше в озерах, чем в реках. Это обусловлено высокой контрастностью озерной сети. Озера исследованной территории существенно отличаются по размеру и глубинам, происхождению, характеру донных отложений, гидрологическому режиму (Природные условия, 1972; Ямало-Гыданская область, 1977; Геоэкология СССР, 1979; Атлас..., 2004; Московченко и др., 2008; Опекунов и др., 2012).

Вторым важным отличием гидрохимического состава озер можно считать снижение достоверности различий выборок для фоновых и нарушенных территорий. Изменение анионно-катионного состава озерных вод Надым-Пур-Тазовского междуречья значительно меньше выражено при антропогенной нагрузке, чем в реках. На химический состав озер исследованной территории оказывает значительное влияние как зональные, так и аazonальные процессы.

Таблица 4.3

Статистические показатели анионно-катионного состава озерных вод нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/л).

		pH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	P мин,	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сухой остаток
антропогенно нарушенные участки	средн	5,68	0,037	0,261	0,20	0,034	2,0	2,2	7,8	3,1	1,0	2,6	0,82	55
	мин	4,23	0,001	0,001	0,01	0,002	0,3	0,6	2,3	0,2	0,1	0,3	0,14	24
	макс	7,32	0,756	2,132	1,59	0,226	9,8	14,4	25,1	11,0	2,5	12,0	3,43	114
	коэф вар, %	11	247	157	122	103	76	96	81	70	60	69	81	29
	n	104	84	105	109	72	116	116	49	101	81	101	100	100
Фоновые участки	средн	6,06	0,026	0,617	0,093	0,023	2,1	2,2	22,6	2,6	0,8	2,1	0,79	55
	мин	5,05	0,001	0,015	0,003	0,002	0,3	0,4	0,9	0,2	0,1	0,3	0,25	19
	макс	6,97	0,158	2,417	0,310	0,095	4,8	5,2	49,2	7,4	2,0	4,4	2,13	78
	коэф вар, %	9	166	113	78	71	58	48	61	60	62	37	51	23
	n	86	81	96	102	89	105	103	61	105	104	98	99	104
F-расч/F-крит		1.4<1.4	5>1.4	3>1.4	2>1.4	4.4>1.4	1.5>1.4	3>1.4	5>1.6	2>1.4	1.5>1.4	6>1.4	3>1.4	1.6>1.4
t-расч/t-крит		4<2	1<2	4<2	6>2	2.4>2	0.6<2	0.5<2	7>2	1.9<2	2.6>2	3>2	0.4<2	0.4<2
ПДКв.р.х.н			0,08	40	0,5	0,15	100	300	-	180	40	120	50	-

Анализ факторной структуры выборки по гидрохимическим показателям в озерных водах исследованной территории позволяет выделить ряд антропогенных и природных факторов, значительно отличающихся от компонентов в речных водах (см. прил. табл. 12).

Значение первого фактора в выборке гидрохимических показателей в озерных водах меньше, чем в выборке для рек, и он имеет отличную структуру ассоциации. Меняются опреде-

F I21% ————— HCO₃⁻₈₁ NO₃⁻₆₆ pH₆₁ SO₄²⁻₅₇ Сухой остаток₄₈ Na⁺₄₂ P_{минер}₄₁ Ca²⁺₃₄

ляющие показатели и их взаимосвязь. Первый компонент связан с термическим режимом озер, степенью проточности, поступлением и интенсивностью химического окисления органического вещества и степенью эвтрофикации водоема. В целом можно считать, что первый фактор определяет уровень трофности водоема и степень минерализации. Он может быть отнесен к локальным аazonальным. Отмечается в озерах разного происхождения и с разным типом донных осадков. Основным подтверждением зависимости фактора от процессов эвтрофикации водоема является присутствие в парагенезисе гидрокарбонатов и фосфора с максимальной значимостью, которые и определяют всю ассоциацию. При изменении параметров расчета (исключение из расчета фосфора и гидрокарбонатов) факторная структура полностью меняется. Фактор в большей степени относится к природным, но в отдельных озерах отмечается его связь с загрязнением воды. Максимальная нагрузка компонента, существенно превышающая нагрузки для остальных водоемов, определена в долине р. Надым, в двух озерах, в которые осуществлялся сброс коммунальных стоков с территории Института медицинских проблем Севера. В работах

других исследователей этот фактор так же относится к локальному природно-антропогенному, связанному с природными (заболоченность, эвтрофикация) и антропогенными процессами (техногенное закисление) (Кремлева и др., 2013; Агбалян и др., 2015).

Второй компонент, определяющий гидрохимические показатели в водах озер, обусловлен различием химического состава вод дистрофных и ультраолиготрофных озер, и относится к естественным. Фактор можно отнести к аazonальным, определяющим органическое подкисление вод (Моисеенко, Гашкина, 2010), вследствие поступления гуминовых веществ с площади водосбора (Кремлева и др., 2012; Хорошавин, Ефименко, 2014). Влияние компонента задается присутствием в воде органического вещества почв на разных стадиях разложения. Положительные нагрузки проявляются в водоемах с характерной коричневой торфяной водой, насыщенной гуминовыми кислотами. Достоверным подтверждением данного фактора является присутствие в ассоциации нитритов и нитратов при полном отсутствии аммонийного азота, что указывает на полную, законченную минерализацию органического вещества. Максимальная значимость в ассоциации для нитратов, указывает на существенное влияние окислительно-восстановительных условий озер. Отрицательные нагрузки проявляются в крупных водоемах с прозрачной водой и большими глубинами, где донные отложения представлены минеральными мелкодисперсными частицами, а питание озер осуществляется с водосборных площадей, для которых характерны тяжелые по механическому составу минеральные почвы со слабовыраженными органогенными горизонтами.

Третий компонент определяет характер и интенсивность окисления органического вещества в донных отложениях, и степень эвтрофикации водоемов. Фактор можно отнести к антропогенно-природным. Положительные нагрузки отмечаются в водоемах, донные осадки которых представлены слаборазложившимся органическим веществом водной растительности. Основными химическими соединениями, определяющими парагенезис, являются фосфор, аммонийный азот, нитриты и гидрокарбонаты. Фактор хорошо показывает интенсивность процессов разложения органического вещества. Отсутствие в ассоциации нитратов, при одновременном наличии аммонийного азота и нитритов свидетельствует об интенсивном процессе разложения органики. Резкое увеличение нагрузок фактора связано с антропогенным поступлением биогенных элементов в водоемы. Вывод хорошо соотносится с известными закономерностями формирования химического состава вод озер (Алекин, 1970; Моисеенко, Гашкина, 2010; Кремлева и др., 2013; Агбалян и др., 2015)

Четвертый фактор является локальным антропогенным и связан с загрязнением небольших слабопроточных озер коммунально-бытовыми стоками. Определяющим тип компо-

$$F_{III} 13\% \frac{NO_2^-_{61} SO_4^{2-}_{42} NO_3^-_{39}}{Na^+_{65} K^+_{53} \text{сухой остаток}_{36}}$$

$$F_{III} 12\% \frac{P_{min}^-_{63} NH_4^-_{56} Mg^{2+}_{48} NO_2^-_{39} Ca^{2+}_{36}}{HCO_3^-_{36}}$$

нента является присутствие в ассоциации хлоридов и нитратов, что является типичным при загрязнении вод хозяйственно-бытовыми

$$F\text{ IV}8\% \frac{Ca^{2+}_{46}Mg^{2+}_{37}}{Cl^{-}_{57}NO_2^{-}_{56}}$$

стоками (Лурье, 1984; Московченко, 1998; Лозановская и др., 1998; Моисеенко и др., 2001). Отрицательные нагрузки определены только в водоемах, расположенных рядом с жилыми объектами эксплуатируемых месторождений. Максимальное значение (-2,5) отмечается в двух озерах, в которые осуществлялся сброс коммунальных стоков с территории Института медицинских проблем Севера. Фактор проявляется исключительно локально в небольших озерах с низкой проточностью.

Пятый фактор связан с типом донных осадков озер, при низкой степени окисления органического вещества. Компонент можно отнести к азональным. Положительные его нагрузки отмечены в озерах, донные отложения которых представлены илистыми частицами. Отрицательные нагрузки фактора определены в водоемах с донными осадками, сформированными неразложившимся органическим веществом. Отсутствие каких-либо значимых зависимостей в ассоциации элементов для нитратов и нитритов, подтверждают низкую активность процессов его минерализации.

$$F\text{ V}9\% \frac{Mg^{2+}_{32}K^{+}_{35}}{NH_4^{-}_{71}\text{сухой остаток}_{52}}$$

Шестой фактор является антропогенным и связан с изменением гидрохимических показателей в водах олиготрофных озер с илистыми донными отложениями. Компонент определен в озерах, воды которых характеризуется значительным содержанием гуминовых кислот. В случае загрязнения при проведении буровых работ меняется химический состав. Основными определяющими состав соединениями выступают кальций и натрий, при этом увеличивается влияние хлоридов и сульфатов. При отсутствии антропогенного загрязнения, определяющими веществами являются фосфор и калий, поступающие в воду при разложении органических остатков. Некоторыми исследователями при анализе гидрохимического состава вод озер севера Западной Сибири также выделяется сходный компонент (с определяющей его ассоциацией натрий-хлор-сульфаты). В различных работах данный фактор выделяют как определяющий процессы техногенного закисления вод озер (Кремлева и др., 2013; Агбалян и др., 2015).

$$F\text{ VI}8\% \frac{P_{\min 34}K^{+}_{32}pH_{31}NH_4^{-}_{23}}{Ca^{2+}_{50}Na^{+}_{39}Cl^{-}_{37}SO_4^{2-}_{25}}$$

Седьмой фактор можно считать вариантом предыдущего. Он обусловлен поступлением загрязняющих веществ в дистрофные озера при проведении буровых работ. Компонент – локальный и связан с увеличением содержания хлоридов и степенью общей минерализации вод. Фактор связан со сбросом в озера пластовых вод.

$$F\text{ VII}6\% \frac{\text{сухой остаток}_{56}Cl^{-}_{34}}{Na^{+}_{36}}$$

Значимые нагрузки определены только для малых водоемов.

Восьмой и девятый факторы отражают процессы минерализации органического вещества. Компоненты позволяет разделить водоемы на зарастающие озера, где разложение органического вещества происходит медленно, и озера с минерализованными органическими осадками.

Присутствие в ассоциации исключительно нитратов и аммонийного азота как антагонистов, показывает, что можно четко разделить озера по характеру накопления органического вещества и стадии его разложения.

Восьмой фактор хорошо выражен в зарастающих озерах, где происходит медленное накопления органического вещества с одновременным его разложением, на что указывает низкая зависимость в ассоциации для аммонийного азота.

$$F \text{ VIII } 6\% \frac{pH_{55}}{\text{сухой остаток}_{39} NO_3^-}_{30}$$

Девятый компонент проявляется в озерах с интенсивным накоплением органического вещества, но с достаточно низкой интенсивностью его разложения.

$$F \text{ IX } 5\% \frac{\text{сухой остаток}_{39}}{NH_4^+_{31} NO_3^-}_{30}$$

Оба фактора можно отнести к зонально-азональным.

Зональное проявление компонентов обусловлено температурным режимом озер. Азональное связано с параметрами самих водоемов: глубина и размер озера.

Таким образом, проведенный анализ процессов, влияющих на гидрохимический состав озерных вод, позволяет выделить ряд антропогенных и природных факторов, оказывающих значимое влияние на распределение химических элементов (рис 4.12). Факторная структура

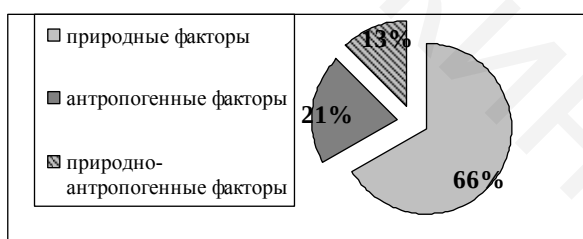


Рис. 4.12. Соотношение природных и антропогенных факторов, формирующих гидрохимический состав вод озер

ра анионно-катионного состава более сложная, чем в реках (рис. 4.13), что обусловлено существенно большей дифференциацией озерной сети, чем речной. На химический состав вод озер большее влияние оказывают азональные и локальные особенности ландшафтов. Основное влияние на анионно-катионный состав водоемов, оказывают такие природные факторы, как характеристики озера (водный режим, термический режим, происхождение, характер озерной котловины, тип донных осадков); интенсивность разложения и накопления органического вещества в донных осадках; характер почвенного покрова водосборного бассейна.



Рис. 4.13. Соотношение факторов, формирующих гидрохимический состав вод озер

Химический состав горных пород оказывает меньшее, чем в реках влияние на анионно-катионный состав озерных вод, что подтверждается первым фактором (формирование химического состава озер в первую очередь за счет анионов). Как и в водах рек, в озерных водах основным, определяющим гидрохимический состав показателем, является органическое вещество. В водах озер индивидуальные факторы проявляются существенно ярче, чем в реках.

Основным антропогенным фактором, определяющим гидрохимический состав вод озер, стало загрязнение водоемов вследствие проведения буровых работ (поступление в озера пластовых вод, бурового шлама, самих буровых растворов) и функционирования коммунальных объектов промыслов (сброс хозяйственно-бытовых стоков). При этом стоит отметить, что проявление антропогенных процессов носит локальный характер и оказывает значимое влияние только на формирование анионно-катионного состава небольших водоемов.

Природно-антропогенный фактор, влияющий на анионно-катионный состав вод озер, связан как с процессами природной эвтрофикации, так и в случае сброса коммунально-бытовых стоков (вахтовые поселки) с процессами антропогенного эвтрофирования водоемов.

Статистический анализ содержания сульфатов, хлоридов в озерах не позволяет однозначно увязать увеличение их концентраций с антропогенной нагрузкой. Однако как и в реках, так и озерах эти ионы вместе с натрием в факторной структуре образуют общие ассоциации антропогенного происхождения. Как и в речных водах, выборки по натрию фоновых и нарушенных участков имеют статистически достоверные различия. Такое расхождение результатов интерпретаций факторного и статистического анализов может объясняться общим уровнем антропогенного загрязнения территории Надым-Пур-Тазовского междуречья. Многими исследователями отмечается, что атмосферные осадки в регионе могут являться основным источником поступления солей в поверхностные воды (Мазур, 1991; Московченко, 1998; Елин, 2000; Смоляков, 2000; Сысо и др., 2001; Моисеенко, Гашкина, 2010; Калабин, Моисеенко, 2011; Моисеенко и др., 2012; Агбалян и др., 2015). Общий уровень содержания хлоридов и сульфатов в водах озер Надым-Пур-Тазовского междуречья довольно низкий. Большая часть водоемов - бессточные или малопроточные. В них может происходить незначительное накопление этих элементов, что и определяет отсутствие статистически достоверных различий выборок нарушенных и фоновых территорий. При этом стоит отметить, что коэффициенты вариации выше на антропогенно нарушенных участках ЛУ (рис. 4.14). Все выше сказанное позволяет считать увеличение содержания сульфатов, хлоридов и натрия в водах озер проявлением антропогенного воздействия при освоении месторождений.

Статистический анализ гидрохимических показателей озер нарушенных и фоновых территорий позволяет установить достоверные различия для выборок по аммонийному азоту и минеральному фосфору (рис. 4.15). Данные соединения входят и в парагенезисы антропогенных

факторов формирования анионно-катионного состава водоемов. Увеличение концентраций аммонийного азота и минерального фосфора в озерных водах можно считать достоверными индикаторами антропогенного воздействия.

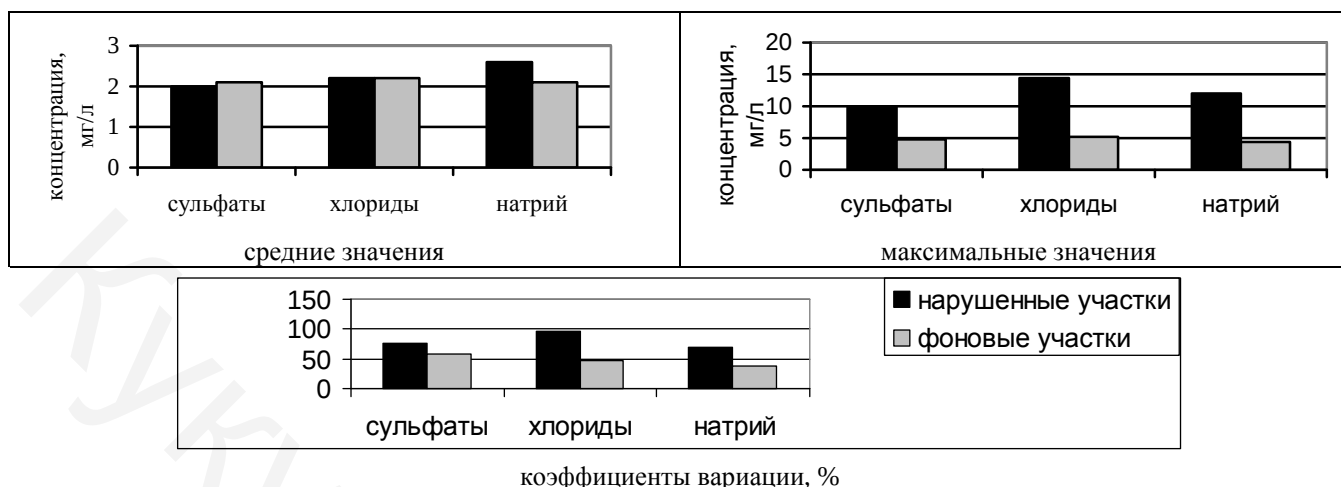


Рис. 4.14. Статистические показатели содержания хлоридов, сульфатов и натрия в водах озер нарушенных и фоновых территорий

Таким образом, анионно-катионный состав озер Надым-Пур-Тазовского междуречья определяют природные зональные и аazonальные факторы, связанные с поступлением органического вещества с водосборных территорий, трофностью водоема, гидрологическими характеристиками озер, характером донных отложений водоемов. Основные антропогенные факторы, влияющие на гидрохимический состав, обусловлены загрязнением небольших озер вследствие проведения буровых работ и в отдельных случаях загрязнением водоемов коммунальными стоками. Основными индикаторами антропогенной нагрузки при освоении месторождений можно считать увеличение концентраций в водах озер – хлоридов, сульфатов и натрия. Рост содержания минерального фосфора, аммонийного азота при отсутствии его нитратных и нитритных форм свидетельствует об антропогенных процессах эвтрофикации водоемов вследствие сброса хозяйственно-бытовых стоков.

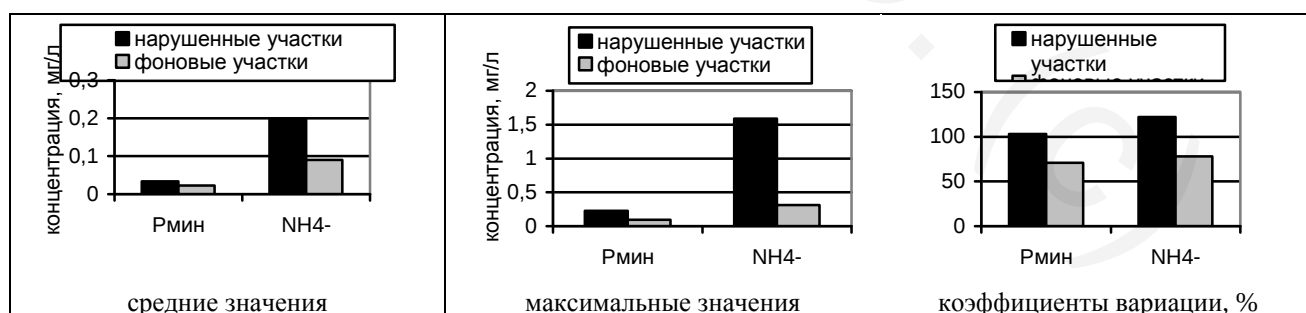


Рис. 4.15. Статистические показатели содержания минерального фосфора и аммонийного азота в водах озер нарушенных и фоновых территорий

Проведенный анализ анионно-катионного состава поверхностных вод исследованной территории, позволяет сделать следующие выводы:

- по средним значениям гидрохимических показателей воды рек и озер не имеют существенных различий;

- общий уровень загрязнения водных объектов ЛУ (по гидрохимическим показателям) крайне низкий и проявляется локально. Концентрации загрязняющих веществ в большинстве водных объектов не превышают ПДК_{р.х.н.};

- на формирование анионно-катионного состава поверхностных вод основное влияние оказывают природные факторы;

- гидрохимический состав вод рек определяется зональными факторами, а вод озер азональными и зональными факторами;

- на химический состав поверхностных вод основное влияние оказывает присутствие органического вещества в воде и в донных отложениях, степень и интенсивность его окисления;

- антропогенное воздействие при освоении нефтегазоконденсатных месторождений выражается в увеличении содержания хлоридов, сульфатов и натрия в поверхностных водах. Повышенные концентрации минерального фосфора в реках могут быть вызваны антропогенно инициированной водной эрозией вследствие значительных механических нарушений ландшафтов. Увеличение в водах озер концентраций минерального фосфора, аммонийного азота при отсутствии нитратных и нитритных форм азота обусловлены загрязнением вод коммунальными стоками от объектов инфраструктуры промыслов. Основные загрязняющие субстанции – пластовые воды и буровой шлам.

4.1.2. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в природных водах

Средние значения концентраций ТМ и НУ в озерных и речных водах Надым-Пур-Тазовского междуречья не имеют существенных различий (табл. 4.4). Химический состав характеризуется крайне высокой вариабельностью, что обусловлено рядом антропогенных и природных факторов, оказывающих влияние на химический состав поверхностных вод.

Таблица 4.4

Статистические показатели содержания загрязняющих веществ в поверхностных водах исследованной территории (мкг/л)

		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
реки	средн	20	7,8	21	11	12	5	0,6	3,2	0,40	2,1	0,055	2,2	0,8
	мин	2	0,7	1	2	0,1	1	0,1	0,01	0,06	0,2	0,001	0,2	0,1
	макс	98	80,0	135	69	59	23	5,6	20,9	0,99	4,7	0,170	4,9	1,4
	коэф вар, %	80	180	106	111	122	96	116	120	59	58	77	57	53
	<i>n</i>	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
озера	средн	25	5,9	14	11	17	7	0,7	3,5	0,38	2,0	0,041	1,7	0,5
	мин	2	0,6	1	1	0,1	0,4	0,1	0,005	0,01	0,2	0,001	0,1	0,03
	макс	160	54,0	132	105	83	116	4,1	30,6	0,92	7,2	0,170	4,8	1,2
	коэф вар, %	97	173	110	134	101	224	91	116	63	65	94	74	82
	<i>n</i>	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	146	188	188
Кларк речных вод (Соловов и др.. 1990)		30	10	20	7	2,5	0,3	1	0,2	1	0,07	2	1	
ПДК р.х.н		50	740	10	10	1	10	10	6	5	20	0,00001	10	1

Поверхностные воды исследованной территории отличаются высокими концентрациями ряда ТМ по сравнению с ПДК р.х.н. и кларком речных вод. Микроэлементы могут быть разделены на две группы. В первую входят металлы, средние содержания которых характеризуются

повышенными значениями относительно кларка речных вод: Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и Cr. Во вторую группу вошли микроэлементы, концентрации которых сопоставимы с кларками речных вод: Ba, Zn, V, Hg и As. Среднее содержание НУ, ТМ и As в поверхностных водах исследованных ЛУ является характерным для севера Западной Сибири (см. прил. табл. 13). В работах многих исследователей отмечается, что в целом поверхностные воды севера Западной Сибири характеризуются повышенными относительно ПДК р.х.н. концентрациями большей части микроэлементов (Московченко, 1998, 2006, 2008, 2006; Гусева, Копылова, 2009; Опекунов и др., 2012; Кремлева и др., 2012, 2014; Паничева и др. 2013; Хорошавин, Ефименко, 2014; Агбалян, Шинкарук, 2015; Манасыпов, Лим, 2015).

Микроэлементный состав поверхностных вод ЛУ Надым-Пур-Тазовского междуречья изменяется в широких пределах (см. прил. табл. 13). Это обусловлено рядом факторов: хорошо развитой гидрографической сетью; контрастностью геохимических и геокриологических условий, почвенного покрова и подстилающих горных пород водосборных бассейнов, термического режима; различной степенью антропогенной нагрузки (Природные условия, 1972; Московченко, 1998, 2010; Дьяконов, 1998; Бачурин и др.. 1998; Арестова и др.. 2006; Московченко и др., 2008; Опекунов и др., 2012; Опекунова и др.. 2012; Агбалян и др., 2015).

На основе кластерного анализа иерархической структуры можно выделить несколько групп элементов в обобщенной выборке по ТМ в поверхностных водах (см. прил. рис. 17). В группу с максимально тесными связями входят Zn, Pb и НУ. Она определена особенностями содержания химических веществ в водных объектах, донные осадки которых представлены слаборазложившимся органическим веществом (торфом). Отдельные обособленные группы образуют Cu-Ba (обусловленная антропогенным загрязнением) и Cr-Cd (поступление ТМ из горных пород).

Для определения процессов формирования химического состава поверхностных вод проведен факторный анализ обобщенной выборки (см. прил. табл. 14). Как и с гидрохимическими показателями, анализ обобщенной выборки не позволяет с достоверной точностью выделить и интерпретировать все факторы. Однако, есть общая закономерность, типичная только для первого фактора (она же характерна для индивидуальных выборок по рекам и озерам). Независимо от вращения факторной структуры, изменения набора переменных (при расчете) при интерпретации факторной нагрузки обобщенной выборки можно выделить три группы аргументов (химических веществ), которые определяют главные факторы (см. прил. рис. 18). Первая группа НУ, Mn, Ni, Zn, Co и Pb, вторая группа Cr, Cd и Hg, третья группа Ba и Cu. Аналогичная обобщенной выборке структура отмечается и для индивидуальных выборок по рекам и озерам, где группы аргументов имеют более обособленную структуру. Ассоциация в первом факторе остается постоянной при любых изменениях в параметрах расчетов.

Фактор включает в себя все микроэлементы и НУ и связан с физико-географическим положением водных объектов. $F\text{ I}25\% \frac{Zn_{69} Cu_{58} Pb_{56} Ni_{48} Ba_{42} Hy_{42} Co_{32}}{Cr_{61} Hg_{56} Cd_{47}}$

Первый фактор имеет четкую зональную структуру распределения (рис. 4.16). В обобщенной выборке он определяет общий химический состав водных объектов. Компонент связан с геологическими и почвенными характеристиками водосборных площадей. При изменении расчетных параметров – добавление к переменным значения pH – ассоциация первого фактора не меняется.

В различных работах $F\text{ I}23\% \frac{Zn_{66} Cu_{61} Pb_{52} Ni_{49} Ba_{44} Hy_{39} Co_{30}}{Cr_{62} Hg_{57} Cd_{49} pH_{20}}$

по оценке микроэлементного состава поверхностных вод исследователями также выделяется фактор физико-географических условий как основной, определяющий состав вод (Московченко, 2006; Кремлева и др., 2012, 2013, 2015; Хорошавин, Ефименко, 2014).

Второй фактор в обобщенной выборке является антропогенным и связан с загрязнением поверхностных вод при проведении буровых работ и обустройстве месторождений. В индивидуальных $F\text{ II}20\% \frac{Ba_{49} Cu_{35}}{Pb_{64} Cd_{55} Zn_{53} Hy_{46} Mn_{41}}$ выборках рек и озер он также занимает второе место и имеет аналогичную ассоциацию. Максимальные нагрузки отмечены в водах рек и озер в непосредственной близости от кустовых площадок и геологоразведочных скважин. Прослеживается четкая зависимость фактора от увеличения концентрации Ba и Cu в поверхностных водах. В водных объектах ЛУ, неосваиваемых в настоящее время месторождений, нагрузки фактора отрицательные и отмечается снижение содержания Ba и Cu в поверхностных водах (рис. 4.17).

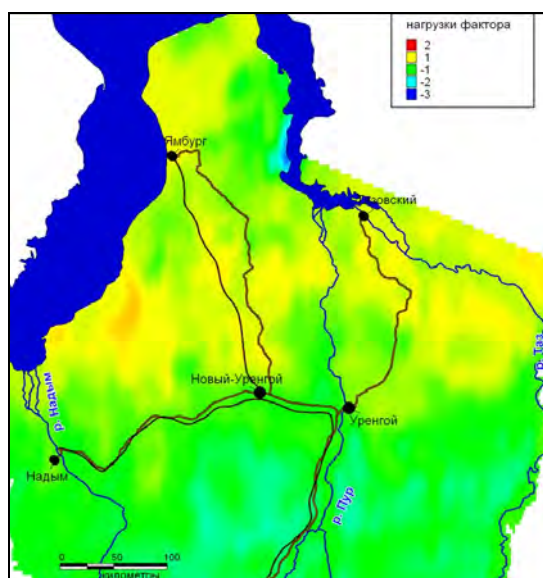


Рис. 4.16. Распределение нагрузок фактора F1 для обобщенной выборки ТМ и НУ в поверхностных водах исследованной территории (метод интерполяции IDW)

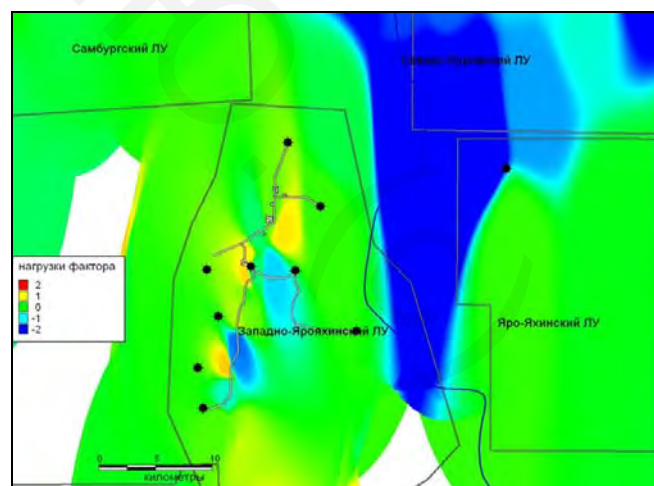


Рис. 4.17. Распределение нагрузок фактора FII для обобщенной выборки ТМ и НУ в поверхностных водах исследованной территории (метод интерполяции IDW)

Положительные нагрузки фактора проявляются при загрязнении поверхностных вод вследствие проведения буровых работ, что приводит к изменению значения pH воды (снижению ки-

слотности) и увеличению концентраций Ва и Си. Как видно из рис. 4. 17. фактор проявляется в наиболее интенсивно осваиваемой части Западно-Ярояхинского ЛУ, на которой в момент проведения исследований активно велись буровые работы. При изменении расчетных переменных (добавление в расчеты выборок по значению pH, хлоридам, сульфатам и натрию) факторная структура не меняется, но изменяется ассоциация второго фактора: добавляются Cl⁻ и Na⁺ как индикаторы техногенного воздействия (см. главу 4.1.1). Как видно из анализа полученных ассоциаций, определяющими микроэлементами во втором факторе являются Ва и Си.

$$F \text{ II} 20\% \frac{Ba_{42} Cu_{32}}{Pb_{65} Zn_{55} Hy_{47} pH_{46} Cd_{46} Mn_{43}} \quad F \text{ II} 14\% \frac{Ba_{43} Cl_{44} Na^{+}_{38} Cu_{30}}{Pb_{69} Zn_{55} Hy_{53} Cd_{46} Mn_{43} pH_{20}}$$

Интерпретация остальных факторов в обобщенной выборке является затруднительной. На распределение значительное влияние оказывают различия типов водных объектов. Для точной оценки факторов проведен статистический анализ отдельно по выборкам для рек и озер.

4.1.2.1. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в водах рек

Анализ средних значений концентраций ТМ, НУ и Ас в водах рек фоновых и нарушенных участков позволяет разделить их на две группы. В первую группу входят ТМ, с высокой вариабельностью в водотоках нарушенных территорий (Ва, Мп, Си, Ni, Со, Pb). Во второй находятся микроэлементы, вариабельность которых незначительна на всей территории исследований (НУ, Zn, Cd, Cr, Hg и As). Средние содержания большей части определенных микроэлементов в водах рек превышают кларк речных вод (табл. 4.5) – Мп, Си, Ni, Со, Pb и Cd. Средние концентрации таких ТМ, как Мп, Си и Hg, значительно выше, чем значения ПДКр.х.н.. Превышения определены как для фоновых, так и для нарушенных территорий.

Таблица 4.5

Статистические показатели содержания загрязняющих веществ в речных водах антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мкг/л)

		НУ	Ва	Мп	Zn	Си	Ni	Со	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки	средн	29	12,3	18	9	13	5	0,5	4,2	0,37	1,8	0,036	1,8	1,1
	мин	4	0,7	1	1	1	1	0,1	0,01	0,06	0,2	0,006	0,3	0,7
	макс	136	80	135	27	59	23	2,9	20,9	0,93	3,9	0,120	4,0	1,4
	коэф вар, %	71	154	128	68	123	97	86	128	54	64	67	н/р	н/р
	n	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	48	92	92
Фоновые участки	средн	16	3,5	25	8	7	6	0,5	3,3	0,41	2,1	0,061	2,2	0,6
	мин	2	1,6	2	2	1	1	0,2	0,7	0,07	0,2	0,001	0,2	0,1
	макс	35	8,3	82	14	29	12	1,6	12,5	0,99	4,7	0,160	4,9	1,3
	коэф вар, %	55	37	86	44	91	58	55	89	62	63	75	56	н/р
	n	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	78	н/р	81
F-расч/F-крит		5>1.4	211>1.6	1.2<1.4	3>1.5	6>1.6	2.3<2.3	2>1.6	3.5>1.6	1.5>1.5	1.3<1.5	3.5>1.6	н/р	н/р
t-расч/t-крит		2.1>2	3.2>2	1.9<2	1.2<2	2.8>2	0.3<2	0.1<2	1.1<2	1.1<2	1.5<2	3.9>2	н/р	н/р
ПДК р.х.н		50	740	10	10	1	10	10	6	5	20	0,00001	10	1
Кларк речных вод (Соловов и др., 1990)			30	10	20	7	2,5	0,3	1	0,2	1	0,07	2	1

н/р - расчет не произведен в связи с содержанием микроэлемента в растении ниже предела чувствительности

Такой высокий уровень содержания микроэлементов в водах рек является общей закономерностью для севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2007, 2012; Московченко и др.,

2008; Гусева, Копылова, 2009; Московченко, 2010; Кремлева и др., 2012, 2014; Паничева и др. 2013; Хорошавин, Ефименко, 2014; Агбалян, Шинкарук, 2015; Манасыпов, Лим, 2015).

По результатам статистической обработки были установлены достоверные различия выборок содержания микроэлементов в водах рек фоновых и нарушенных территорий для Ва, Си и Нг. При этом стоит отметить, что Ва и Си в водотоках нарушенных территорий характеризуются как значительной вариабельностью (коэффициенты вариации 154% и 123% соответственно), так и существенно более высокими средними и максимальными значениями. Содержание Нг, наоборот, обладает низким разбросом значений. Концентрации его на нарушенных территориях ниже, чем на фоновых.

Факторный анализ содержания НУ и микроэлементов в речных водах показал, что первые два компонента, которые отвечают за 47% дисперсии, полностью идентичны факторам, выделенным при анализе обобщенной выборки для поверхностных вод (см. прил. табл. 15).

Отдельно стоит выделить присутствие Мп с разной степенью корреляционной зависимости в ассоциациях шести первых факторов, определяющих 85% всех корреляционных связей в выборке по речным водам. Такой характер влияния Мп на факторную структуру обусловлен ландшафтно-геохимическими особенностями Надым-Пур-Тазовского междуречья: высокое содержание Мп в почвообразующих породах севера Западной Сибири, интенсивное поступление подвижных соединений Мп из болотных торфяных почв, высокая геохимическая активность Мп в северо-таежных ландшафтах (Западная Сибирь, 1963; Гидрогеология СССР, 1970; Природные условия ..., 1972; Московченко, 1998, 2006; Сысо 2007; Гусева, Копылова, 2009; Опекунов и др., 2012; Барышева, Кремлева, 2013; Кремлева и др., 2013, 2014; Хорошавин, Ефименко, 2014). Таким образом, при интерпретации результатов факторного анализа можно не считать определяющим присутствие Мп в ассоциациях.

Первый фактор в речных водах определяет химический состав в зависимости от геологического строения и почвенного покрова водосборных площадей. Его можно отнести к природным зональным.

Положительные нагрузки $F \text{ I } 28\% \frac{\text{Zn}_{80} \text{Pb}_{65} \text{Cu}_{55} \text{HY}_{51} \text{Ba}_{39} \text{Mn}_{37}}{\text{Cr}_{69} \text{Hg}_{53} \text{Cd}_{32}}$ фактора проявляются в реках центральной части территории исследований, где водосборные площади представлены торфяниками. Отрицательные приурочены к водотокам с минеральными донными отложениями и водосборными площадями, характеризующимися минеральными почвами со слабо развитыми органогенными горизонтами (подзолы иллювиально-железистые и тундрово-глеевые почвы). При добавлении к переменным значения рН факторная структура остается неизменной и в ассоциации корреляционная связь значения рН ниже значимой. Таким образом, можно считать, что первый фактор связан исключительно с ландшафтными характеристиками водосборных площадей (состав горных пород и тип почв), что подтверждается работами других авторов

(Московченко, 2006; Кремлева и др., 2012, 2013, 2015; Хорошавин, Ефименко, 2014).

Второй фактор, отвечающий за распределение ТМ и НУ в водах рек, относится к антропогенным. Компонент определяет поступление загрязняющих веществ в речные воды при освоении месторождений.

Максимальное значение $F_{II} 19\% \frac{Cd_{60} Pb_{52} Hg_{50} Zn_{42} Cr_{34}}{Ba_{61} Cu_{43}}$ фактора установлено в водотоках, расположенных рядом с объектами промыслов (кустовые площадки, скважины геологоразведочного бурения, шламовые амбары). В водотоках отмечается увеличение концентраций Ba и Cu. $BaSO_4$ - основной компонент буровых растворов, а соединения Cu являются обязательной добавкой, входящей в состав буровых растворов (Булатов и др., 1999; Ялунин, Шевченко, 2005; Вадецкий, 2008; Подавалов, 2010). Данный фактор тесно связан с изменением гидрохимических показателей в водах рек (увеличение концентрации хлоридов, сульфатов и натрия), что подтверждается результатами расчетов факторного анализа для объединенных выборок анионно-катионного и микроэлементного состава рек исследованной территории (см. прил. табл.16). Расширенная выборка дает совсем другую факторную структуру, антропогенный фактор выходит на первое место с весом 16%. Ассоциация элементов, определяющих первый фактор, имеет несколько измененную структуру. К Ba и Cu добавляются сульфаты, хлориды и натрия. Таким образом, использование расширенной выборки по химическому составу вод рек позволяет подтвердить антропогенное происхождение фактора. Проявления компонента F_{II} в выборках по гидрохимическим показателям и по микроэлементному составу отмечаются в одних и тех же водотоках. В реках фоновых территорий фактор не проявляется.

Третий и четвертый факторы можно объединить. Оба компонента являются природными и связаны с типом почв и растительных сообществ водосборных территорий. Факторы относятся к зональным. Третий фактор определяет химический состав водотоков, протекающих через лесные сообщества, где происходит интенсивный вынос гуминовых веществ из почвенного покрова.

Отрицательные его нагрузки $F_{III} 12\% \frac{Ba_{40}}{Co_{78} Mn_{57}}$ отмечаются в водотоках южной части исследованной территории, где водосборные площади представлены лесными сообществами с подзолами иллювиально-гумусовыми. Положительные нагрузки определены в северной части, где наиболее распространенными почвами являются тундрово-глеевые.

Четвертый фактор взаимосвязан с третьим, является естественным и обусловлен поступлением в реки органического вещества разной степени разложения. Положительные нагрузки проявляются в центральной части Надым-Пур-Тазовского междуречья, где широко развиты торфяные и торфяно-глеевые почвы, нагрузки фактора увеличиваются в реках, донные осадки которых представлены слабо разложившимся органическим веществом с илистыми минеральными частицами. Илистые частицы, хорошо

сорбируя на себя Hg (Перельман, 1975; Сает, 1980; Иванов, 1994; Грановский и др., 2001), служат источником ее поступления из органического вещества в воды рек. Отрицательные нагрузки характерны для водотоков северо-таежных сообществ.

Пятый фактор, оказывающий влияние на содержание загрязняющих веществ в водах рек, относится к антропогенным и обусловлен загрязнением водотоков в районах проведения буровых работ и нефтяным загрязнением рек.

Максимальное проявление компонента отмечается в районах обустройства месторождений. Источником загрязняющих веществ являются разливы нефте-

$$FV9\% = \frac{H_{Y_{52}} Cu_{52}}{H_{Y_{52}} Cu_{52}}$$

продуктов и буровой шлам. Максимально высокие концентрации НУ и максимальное проявление фактора на территории исследований установлено в водотоках, расположенных в непосредственной близости от производственных объектов действующих месторождений и объектов линейной инфраструктуры, пересекающих ручьи и реки (рис. 4.18).

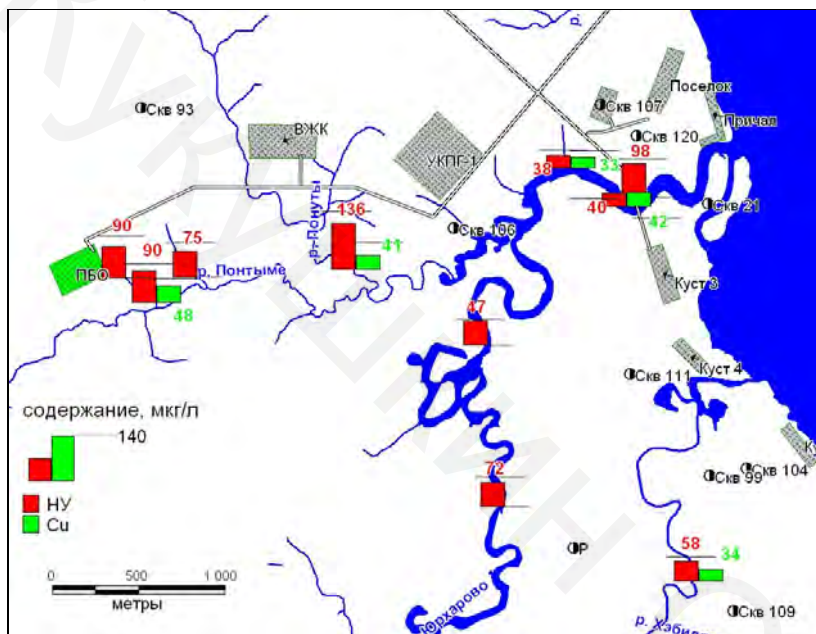


Рис. 4.18. Содержание НУ и Cu в водах рек Юрхаровского ЛУ (стадия пробной эксплуатации Юрхаровского месторождения).

Шестой фактор является природным и связан с окислительно-восстановительными условиями, содержанием органического вещества в донных осадках и размером реки. Анализ распределения компонента в водах рек исследованной территории и сопоставление с гидрохимическими показателями позволяют установить зависимость данного фактора от величины pH и количества органического вещества. При снижении значения pH происходит увеличение содержания Pb в водах рек. Положительные нагрузки проявляются в крупных судоходных реках с минеральными донными осадками. В малых реках установлены только отрицательные нагрузки фактора.

$$FVI8\% = \frac{Pb_{37}}{Cd_{56} Ba_{37} Mn_{31}}$$

Седьмой фактор, определяющий загрязнение речных вод, является антропогенным и связан с поступлением в водотоки загрязняющих веществ из бурового шлама. Отмечается увеличение концентраций Cr и Ba в речных водах в районах, расположенных рядом с геологоразведочными скважинами. Однако следует заметить, что в некоторых речных водах с высоким содержанием Ba влияние данного фактора не определено. Такой характер связан с различными типами буровых растворов и реагентов, которые ис-

$$FVII5\% = \frac{Cr_{42} Ba_{42}}{Cr_{42} Ba_{42}}$$

пользуются при бурении скважин. Барий в буровых растворах, используемых в ЯНАО, присутствует всегда, а Сг, как добавка (ингибиторы коррозии) к буровым растворам используется не во всех случаях. Дополнительным возможным источником поступления Сг в реки, является использование лигносульфоната в качестве пластифицирующих добавок при строительстве дорожных объектов и при проведении буровых работ. Компонент имеет крайне низкую значимость.

Остальные факторы, определяющие оставшиеся 10% корреляционных связей, имеют крайне низкую значимость.

Таким образом, проведенный анализ позволяет выделить ряд антропогенных и природных факторов, которые определяют содержания микроэлементов в речных водах (рис. 4.19).

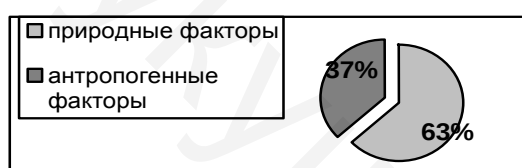


Рис. 4.19. Соотношение природных и антропогенных факторов, формирующих микроэлементный состав вод рек

Природные факторы оказывают основное влияние на микроэлементный состав (37%). При этом вклад антропогенных факторов, формирующих химический состав водотоков, является более существенным, чем для гидрохимических показателей.

Основным природным фактором стал зональный фактор поступления микроэлементов в речные воды из горных пород и почвенного покрова (рис. 4.20). Весомый вклад на формирование химического состава водотоков исследованной территории оказывают геохимические условия и вынос элементов из почв с хорошо развитыми органогенными горизонтами. К числу основных антропогенных факторов, определяющих микроэлементный состав речных вод, относятся процессы, связанные с загрязнением водотоков вследствие поступления загрязняющих веществ с производственных площадок и объектов инфраструктуры ЛУ.

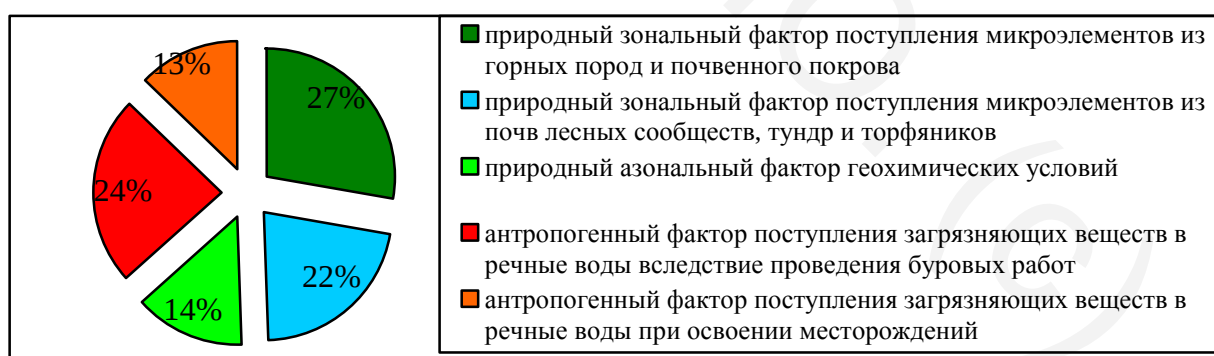


Рис. 4.20. Соотношение факторов, формирующих микроэлементный состав вод рек

Статистический анализ содержания НУ, ТМ и As в водотоках нарушенных и фоновых территорий позволяет определить достоверные различия выборок для НУ, Ва и Cu (рис. 4.21). Подтверждением влияния техногенных причин увеличения их концентраций в водах рек служат результаты факторного анализа. НУ, Ва и Cu образуют ассоциации элементов антропогенных факторов. На содержание остальных микроэлементов основное влияние оказывают при-

родные процессы. Однако, несмотря на отсутствие статистически достоверных различий, можно выделить ряд ТМ, изменение концентраций которых, свидетельствует об антропогенном влиянии на их поступление в речные воды (рис. 4.22). На нарушенных территориях отмечается увеличение вариабельности содержания Mn, Zn, Ni, Co и Pb, что может указывать на изменение геохимических условий миграции и аккумуляции вследствие антропогенного воздействия.

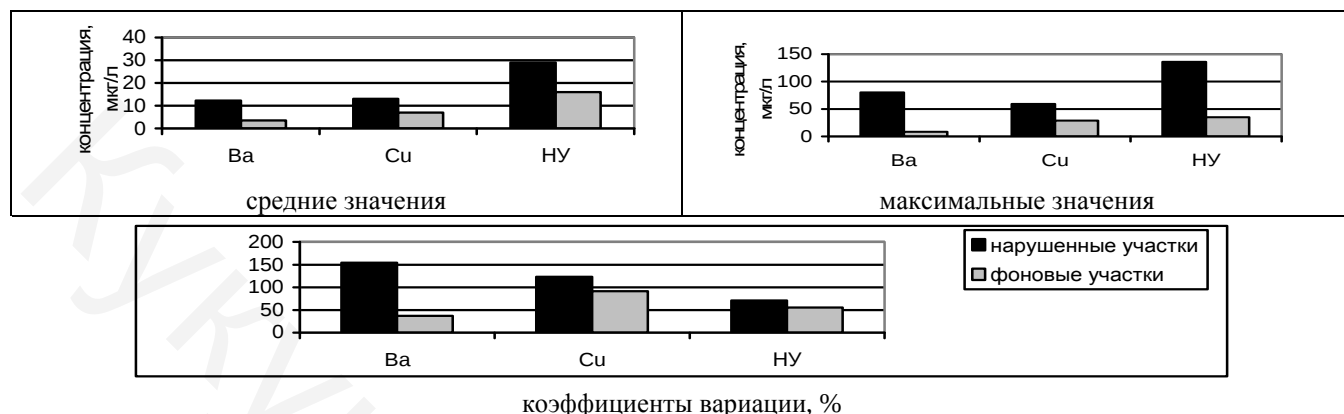


Рис. 4.21. Статистические показатели содержания Hg, Ba и Cu в водах рек нарушенных и фоновых территорий

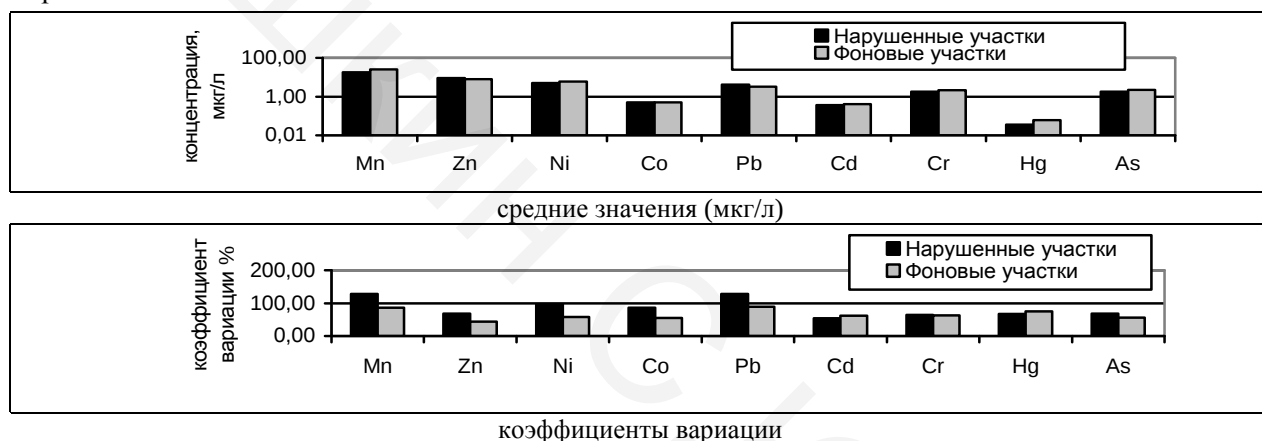


Рис. 4.22. Статистические показатели микроэлементов в водах рек нарушенных и фоновых территорий

Таким образом, на микроэлементный состав вод рек основное влияние оказывают природные факторы, обусловленные характером водосборных площадей (подстилающие породы и типы почв). Высокий уровень содержания микроэлементов в водах рек определяется особенностями геохимических условий Надым-Пур-Тазовского междуречья. Техногенное воздействие обусловлено проведением буровых работ и функционированием инфраструктуры ЛУ и выражается в загрязнении речных вод Hg, Ba и Cu.

4.1.2.21. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в водах озер

Проведенный анализ показывает, что по средним содержаниям всех определяемых веществ озерных воды незначительно отличаются от речных (табл. 4.7). Исключение составляет присутствие в водах озер значимых концентраций As и V. В реках эти элементы в 90% случаев определены ниже предела чувствительности. Так же в водах озер увеличивается репрезентатив-

ность выборки по Ni (зафиксировано большее количество значимых концентраций). В озерных водах общий уровень содержания микроэлементов несколько ниже, по сравнению с речными. На фоновых территориях вариабельность концентраций элементов в водоемах так же более низкая, по сравнению с реками.

Таблица 4.7

Статистические показатели содержания загрязняющих веществ в озерных водах антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мкг/л)

		HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки	средн	35	8	11	7	18	4,3	0,8	3,3	0,30	2,4	0,027	1,1	0,5
	мин	2,0	0,6	1,0	1	1	0,4	0,1	0,02	0,01	0,7	0,001	0,1	0,03
	макс	160	54	46	24	83	12,9	4,1	17,9	0,79	7,2	0,120	4,0	1,2
	коэф вар, %	90	165	80	56	103	75	101	98	65	78	80	96	82
	n	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	80	121	121
Фоновые участки	средн	17	3	14	6	1	4	0,6	3,2	0,38	1,7	0,037	1,5	0,2
	мин	2,0	0,6	1,0	1	0,50	0,8	0,2	0,6	0,01	0,03	0,001	0,1	0,03
	макс	45	5,5	54	15	4	10	2,2	11,7	0,92	4,0	0,130	4,1	0,5
	коэф вар, %	50	43	91	54	70	67	58	80	71	61	93	78	47
	n	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	82	107	107
F-расч/F-крит		7>1.4	116>1.5	2>1.4	1,5>1.4	3>1.5	39>1.7	4.3>1.5	1.6<1.4	2>1.4	1<1.4	2.5>1.4	1.3<1.5	11>2
t-расч/t-крит		2.3>2	3.3<2	2.3>2	2<2	10>2	1.1<2	1.2<2	0.1<2	2.3>2	1<2	2.2>2	2.2>2	3.2>2
Кларк речных вод (Соловов и др., 1990)			30	10	20	7	2,5	0,3	1	0,2	1	0,07	2	1
ПДК р.х.н		50	740	10	10	1	10	10	6	5	20	0,0001	10	1

В целом, микроэлементный состав озерных и речных вод, как и факторная структура выборок ТМ, НУ и As, имеют общие закономерности, но существуют и определенные различия. Снижается степень участия Mn в факторной структуре, его вариабельность и средняя концентрация. Происходит увеличение веса антропогенных факторов. Такие отличия обусловлены тем, что озера исследованной территории характеризуются обособленностью от речной сети и низкой степенью проточности. На химический состав озерных вод значительное влияние оказывают ландшафтно-геохимические условия. Кроме этого, озерная сеть Надым-Пур-Тазовского междуречья характеризуется очень высокой контрастностью, что определяет значительную вариабельность в аккумуляции микроэлементов в донных осадках озер (Западная Сибирь, 1963; Гидрогеология СССР, 1970; Природные условия ..., 1972; Геокриология СССР, 1989; Атлас, 2004; Кремлева и др., 2013; Агбалян, Шинкарук, 2015; Агбалян и др., 2015).

Для оценки процессов, оказывающих влияние на химический состав озер исследованной территории, проведен факторный анализ выборок ТМ и НУ. Для достоверной интерпретации факторов при расчете не использовались значения концентраций Ni, As и V. Несмотря на более высокую репрезентативность содержания этих микроэлементов в озерных водах, по сравнению с речными водами, в 50% озер, концентрации Ni, As и V были определены ниже предела чувствительности.

Факторная структура выборки ТМ и НУ в озерных водах незначительно отличается от структуры в речных водах (см. прил. табл. 17). Первые два фактора, определяющих 47% дисперсии выборки являются одинаковыми для речных и озерных вод исследованной территории.

Первый фактор в озерных водах так же, как и в речных, в целом связан с поступлением микроэлементов с водосборных площадей. Компонент определяет химический состав поверхностных вод в зависимости от типа почв и горных пород водосборов и относится к природным-азональным. Вес фактора несколько ниже, чем в реках.

$$F I 25\% \frac{Cr_{74}Cd_{55}Hg_{55}}{Zn_{68}Cu_{53}Pb_{53}Ba_{48}}$$

Второй фактор, отвечающий за распределение ТМ и НУ в водах озер, относится к антропогенным. Компонент имеет такую же структуру, как и в речных водах, и определяет поступление загрязняющих веществ в озерные воды при проведении буровых работ. При этом вес этого компонента в водоемах несколько выше, чем в реках (22% для озер и 19% для рек). Отрицательные нагрузки фактора отмечены только в озерах, расположенных рядом с производственными объектами интенсивно осваиваемых месторождений (кустовые площадки, геологоразведочные и промысловые скважины, шламовые амбары). В водотоках отмечается увеличение концентрации Ba и Cu. Положительные нагрузки фактора наблюдаются в озерах фоновых территорий. Как и в реках, основными загрязняющими субстанциями являются буровые раствор и буровой шлам.

$$F II 22\% \frac{Pb_{75}Zn_{57}Cd_{53}Co_{48}Mn_{47}}{Ba_{41}Cu_{38}}$$

Третий фактор является природным и определяется наличием в озерных водах гуминовых кислот и степенью эвтрофированности водоемов. Положительные нагрузки компонент имеет в озерах с торфянистыми водами характерного коричневого цвета. Увеличение концентрации Co в водах рек связано с поступлением разложившего органического вещества почв лесных сообществ. Рост концентрации НУ вызван не загрязнением нефтепродуктами, а использованием аналитических методов ИК-спектрии. НУ в данном случае, это углеводороды естественного происхождения (лигнин), образованные при разложении органических веществ в лесной подстилке. Положительные нагрузки отмечаются в озерах разного происхождения и с разным типом донных осадков, но более высокие определены в водоемах южной части (лесотундра и северная тайга). Максимальные отрицательные нагрузки компонента характерны только для торфяных озер и эвтрофированных водоемов. Данный фактор, влияющий на содержание в озерных водах севера Западной Сибири Co, Mn, Zn и Hg в зависимости от количества органического вещества, выделен и другими авторами (Кремлева и др., 2012, 2013; Барышева, Кремлева, 2013; Хорошавин, Ефименко, 2014; Агбалян, Шинкарук, 2015).

$$F III 12\% \frac{H_{43}Co_{35}}{Mn_{59}Zn_{41}Hg_{29}}$$

Четвертый фактор относится к антропогенным локальным. Компонент связан с загрязнением озерных вод вследствие поступления загрязняющих веществ с производственных площадок. Как было сказано выше, Cr может находиться в буровых растворах в виде лигносульфонатного реагента, а в промывочных жидкостях в виде

$$F IV 11\% \frac{Cr_{57}H_{51}Cu_{51}}{Cr_{57}H_{51}Cu_{51}}$$

«хромпика» (Булатов и др., 1999; Шевченко, 2005; Подавалов, 2010). Отрицательные нагрузки фактора установлены в озерах, расположенных рядом с производственными объектами месторождений (кустовые площадки, производственные отсыпные площадки). В озерах ЛУ неосвоенных месторождений отрицательные нагрузки компонента не обнаружены. В речных водах данный компонент имеет значительно меньший вклад в факторную структуру (5%), что связано с самоочищением водотоков.

Пятый фактор, оказывающий влияние на содержание микроэлементов в озерных водах, является природным. $FV8\% \frac{Mn_{53} Hg_{47} Co_{37}}{Co_{62}}$ Компонент связан со степенью эвтрофикации водоемов. Фактор характерен для торфяных и зарастающих озер с низкой степенью разложения органического вещества в донных осадках.

Шестой фактор относится к природным, определяется типом донных осадков и поступлением гуминовых соединений с водосборной площади.

Компонент - зональный, приурочен к озерам лесных сообществ. $FVI7\% \frac{H_{42}}{Co_{62}}$ Максимальные положительные нагрузки определены в торфяных озерах (преимущественно небольшой площади), донные осадки которых представлены торфяными отложениями с низкой степенью минерализации. Отрицательные нагрузки зафиксированы в озерах разного происхождения. Максимальные характерны для озер, расположенных в лесных или редкостойных сообществах с преобладанием в структуре почвенного покрова подзолов иллювиально-гумусовых с хорошо развитой лесной подстилкой. В северной части влияния компонента не выявлено. Уверенно фактор выделяется только в центральной и южной частях исследованной территории.

Седьмой фактор, определяющий химический состав озерных вод, является природным и связан с типом донных осадков озер. Положительные нагрузки $FVII5\% \frac{Hg_{30}}{Ba_{41}}$ отмечаются в водоемах с органогенными донными отложениями. Отрицательные определены в озерах с минеральными донными осадками (преимущественно песок и крупнозернистый песок). Ва характеризует полевошпатовую структуру донных отложений.

Остальные три фактора имеют крайне низкий вес в выборке. Наиболее интересным является девятый компонент. По характеру распределения нагрузок фактор можно отнести к антропогенным. Компонент проявляется $FIX3\% \frac{Ba_{36} H_{30}}{H_{30}}$ только в небольших по площади озерах, расположенных рядом с участками проведения буровых работ.

Таким образом, выполненный анализ позволяет выделить ряд антропогенных и природных факторов, которые определяют содержание НУ и ТМ водоемах (рис. 4.23). Как в и реках, природные процессы оказывают преимущественное влияние на микроэлементный состав озерных вод (64%).

Основным природным фактором является аazonальный, определяющий поступление ТМ



Рис. 4.23. Соотношение природных и антропогенных факторов, формирующих микроэлементный состав вод озер

венным фактором выступает локальный аazonальный, связанный с процессами эвтрофирования водоемов. Он не выделяется для выборки содержания микроэлементов в речных водах.

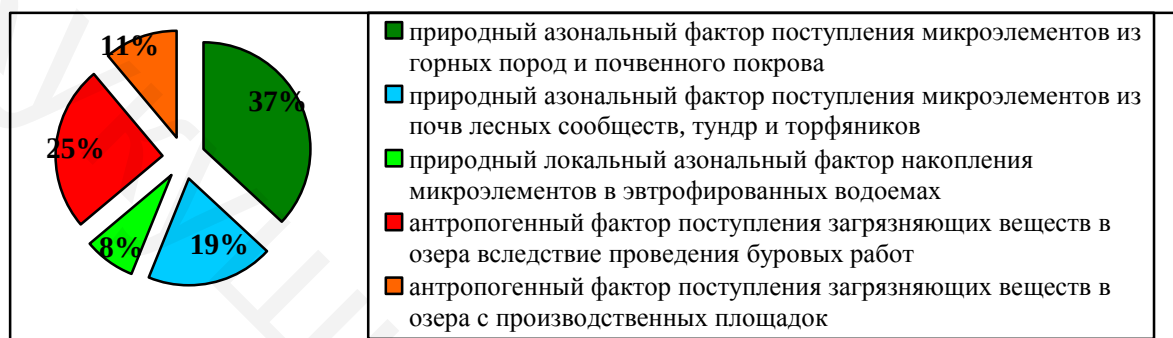


Рис. 4.24. Соотношение факторов, формирующих микроэлементный состав вод озер

Выделяются два антропогенных фактора формирования химического состава вод озер. Первый является сходным с техногенным в речных водах и связан с поступлением поллютантов в водоемы с участков проведения буровых работ. Второй несколько отличается от фактора загрязнения водотоков рядом с объектами инфраструктуры ЛУ. В водоемах он проявляется локально и определяет загрязнение озерных вод вблизи производственных площадок в результате поступления в окружающую среду характерных субстанций: промывочных жидкостей, бурового шлама с высоким содержанием лигносульфанатных добавок и нефтепродуктов.

Статистический анализ содержаний НУ, ТМ и Аs в озерах нарушенных и фоновых территорий позволяет определить связанные с антропогенной нагрузкой достоверные различия выборок для НУ, Ва и Cu (рис 4.25).

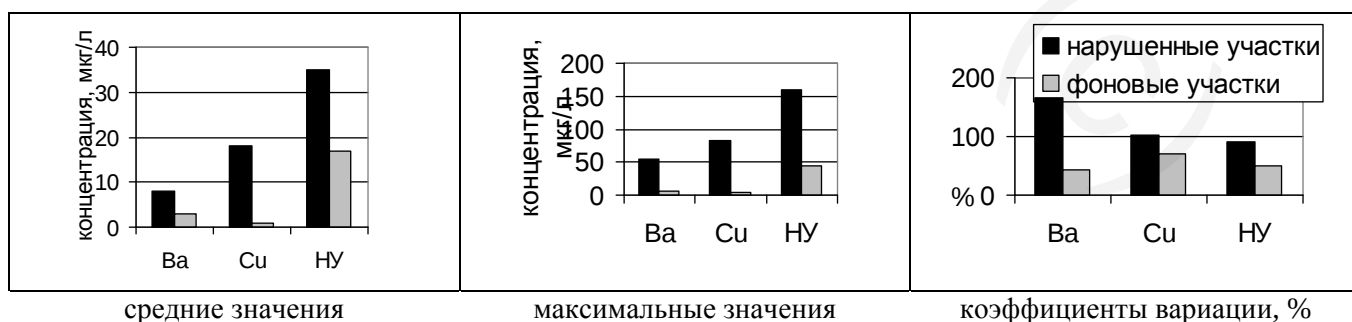


Рис. 4.25. Статистические показатели содержания НУ, Ва и Cu в водах рек нарушенных и фоновых территорий

Подтверждением влияния техногенных процессов на увеличение концентрации этих веществ в водах озер служат результаты факторного анализа. НУ, Ва и Cu входят в ассоциацию элементов антропогенных факторов.

Отдельно стоит выделить содержание V в озерах. Установлены статистически достоверные различия для выборок нарушенных и фоновых территорий. В большинстве озер фоновых территорий содержание V было определено ниже предела чувствительности ($<0,03 \text{ мкг/л}$). Максимальная концентрация V ($1,2 \text{ мкг/л}$) в озерных водах сопоставима со значением ПДКр.х.н (1 мкг/л). Однако, увеличение: средней, максимальной концентрации V и вариабельности в озерах нарушенных территорий, может свидетельствовать об антропогенном влиянии на содержание V в озерах.

Наиболее сложным распределением характеризуется Cr. На его содержание в озерных водах существенное влияние оказывают как антропогенные, так и природные факторы. При расчете статистических параметров для выборок содержания Cr в озерных водах не было установлено достоверных различий нарушенных и фоновых территорий. По результатам расчета критериев Фишера и Стьюдента обе выборки можно объединить в одну генеральную совокупность. Отмечается только незначительное увеличение средних и максимальных концентраций, а также вариабельности на нарушенных территориях. Однако результаты факторного анализа позволяют с уверенностью считать, что на содержание Cr в озерных водах существенное влияние оказывает антропогенная нагрузка. Техногенное поступление Cr в озерные воды крайне локализовано и проявляется исключительно в малых торфяных водоемах.

На содержание остальных микроэлементов основное влияние оказывают природные процессы. Несмотря на отсутствие статистически достоверных различий концентраций остальных микроэлементов, можно выделить ряд ТМ, изменение концентраций которых может свидетельствовать об антропогенном влиянии на их поступление в озерные воды (рис. 4.26). На нарушенных территориях отмечается увеличение вариабельности для содержания As, Co и Pb.

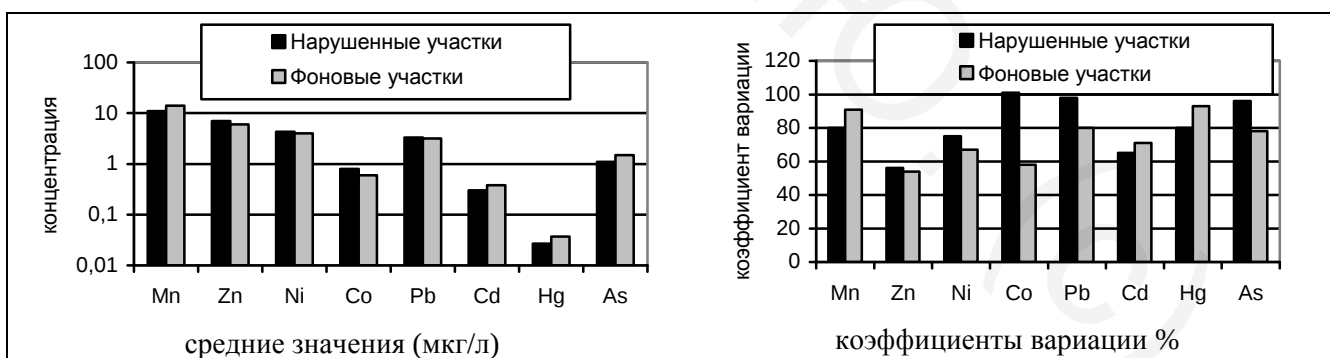


Рис. 4.26. Статистические показатели содержания микроэлементов в водах озер нарушенных и фоновых территорий

Таким образом, на микроэлементный состав вод озер основное влияние оказывают природные факторы, обусловленные характером водосборных площадей (подстилающие породы и типы почв), интенсивностью поступления и накопления в водах озер гуминовых веществ, процессами природной эвтрофикации. Высокий уровень содержания микроэлементов в водах определяется особенностями геохимических условий Надым-Пур-Тазовского

междуречья. Техногенное воздействие выражается в загрязнение вод озер НУ, Ва и Си при проведении буровых работ и эксплуатации производственных объектов промыслов. Одновременный рост содержания Cr, Cu и НУ в озерных водах может свидетельствовать об антропогенном загрязнении водоема.

Проведенный анализ содержания микроэлементов в поверхностных водах исследованной территории позволяет сделать следующие выводы:

1. Поверхностные воды характеризуются повышенной концентрацией ряда микроэлементов – Mn, Zn, Cu, Pb и Cr (в сравнении с кларком речных вод (Соловов и др., 1990)) обусловленной геохимическими особенностями Надым-Пур-Тазовского междуречья;
2. По средним значениям содержания микроэлементов воды рек и озер не имеют статистически значимых различий;
3. Микроэлементный состав поверхностных вод определяется в основном ландшафтно-геохимическими особенностями водосборов;
4. Техногенное воздействие выражается в загрязнении поверхностных вод НУ, Ва и Си, а основными источникам антропогенного загрязнения поверхностных вод НУ и ТМ выступают производственные объекты ЛУ. Основные загрязняющие субстанции: буровые растворы, буровой шлам, промывочные жидкости и нефтепродукты.

Таким образом, поверхностные воды исследованной территории характеризуется низким уровнем антропогенного загрязнения. Высокие концентрации ряда микроэлементов (в первую очередь ТМ, таких как Mn, Zn, Ni, Co, Cd, Hg, As и V) обусловлены геохимическими особенностями Надым-Пур-Тазовского междуречья, что отмечается в работах многих исследователей (Московченко, 1998, 2010; Опекунов и др., 2007, 2012; Московченко и др., 2008; Гусева, Копылова, 2009; Кремлева и др., 2012, 2013, 2014; Паничева и др. 2013; Хорошавин, Ефименко, 2014; Агбалян, Шинкарук, 2015; Агбалян и др., 2015; Манасыпов, Лим, 2015;). Повышенный фон связан с интенсивным поступлением элементов в водные объекты из горных пород и почвенного покрова (Западная Сибирь, 1963; Гидрогеология СССР, 1970; Природные условия ...,1972; Сысо 2007; Кремлева и др., 2012, 2013; Селиванова, 2014; Шавнин и др., 2015;Манасыпов, Лим, 2015). Антропогенное воздействие обусловлено как выносом поверхностными стоками загрязняющих веществ с производственных площадок (в первую очередь, с площадок проведения буровых работ), так и прямым поступлением буровых растворов, пластовых вод, бурового шлама, промывочных растворов и нефтепродуктов в водные объекты. Техногенное загрязнение поверхностных вод выражается в увеличении содержания хлоридов, сульфатов, натрия, НУ, Ва и Си в водах рек и озер, и в совместном увеличении содержаний Cr, Cu и НУ в озерах. Повышенные концентрации минерального фосфора в водах рек связаны с антропогенно инициированной водной эрозией вследствие значительных механических нарушений

ландшафтов. Увеличение в водах озер концентраций минерального фосфора, аммонийного азота при отсутствии нитратных и нитритных форм азота связано с загрязнением вод коммунальными стоками, поступающими от объектов инфраструктуры промыслов.

4.1.3. Нефтяные углеводороды и тяжелые металлы в донных осадках рек и озер

Водные объекты исследованной территории характеризуются донными отложениями различного генезиса и гранулометрического состава (Природные условия, 1972; Трофимов и др., 1975; Бакулин, Козин, 1996; Атлас, 2004; Сысо, 2007). Химический состав донных отложений рек и озер исследованной территории не имеет существенных различий по средним содержаниям микроэлементов (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Статистические показатели содержания загрязняющих веществ в донных осадках водных объектов исследованной территории (мг/кг)

		HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
реки	средн	80	18	60	11	2,4	4,5	1,7	2,2	0,17	3,9	0,020	0,5	4,1
	мин	3	1	4	1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,01	0,2
	макс	564	107	403	72	26,1	42,5	15,7	14,2	0,75	15,4	0,440	4,6	36,8
	коэф вар, %	118	81	94	99	148	118	134	117	92	98	271	157	112
	n	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	141	152	152
озера	средн	152	20	62	10	2,9	5,3	1,6	1,9	0,16	4,4	0,022	0,5	4,9
	мин	3	1	3	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,02	0,2
	макс	980	144	350	44	22,0	55,7	10,1	17,4	0,70	23,4	0,470	5,7	33,4
	коэф вар, %	144	111	107	85	137	121	109	122	96	134	283	144	109
	n	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	134	141	141
F-расч/F-крит		4>4	1,4>1,4	1,3<1,3	1,2<1,3	1,2<1,3	1,3>1,3	1,3<1,3	1,2<1,3	1<1,3	1,3>1,4	1,2<1,3	1,2>1,3	1,2>1,3
t-расч/t-крит		2,6>2	1,7<2	0,2<2	0,7<2	0,9<2	1,8<2	1,7<2	1<2	0,5<2	1,8<2	0,4<2	1,7<2	1,3<2
Кларк литосферы (Виноградов, 1962)			650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90

Статистически достоверное различие средних концентраций в донных осадках водоемов и водотоков определено только для НУ, отмечается резкое увеличение среднего и максимального содержания НУ в донных отложениях озер исследованной территории. Микроэлементный состав донных осадков водных объектов характеризуется высокой вариабельностью концентраций всех определенных элементов, что обусловлено значительной контрастностью химического состава донных отложений рек и озер исследованной территории (Московченко 1998, 2006; Сысо и др., 2001; Атлас, 2004; Опекунов и др., 2012).

Анализ распределения микроэлементов в зависимости от генезиса и гранулометрического состава осадков позволяет выделить ряд общих закономерностей содержания ТМ, As и НУ в донных отложениях исследованной территории (см. прил. табл. 18). По сравнению с общей выборкой в индивидуальных выборках, составленных по типу донных отложениях, снижается вариабельность концентрации всех микроэлементов, что позволяет определить природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование химического состава донных отложений водных объектов.

Концентрация микроэлементов и НУ изменяется в зависимости от содержания органического вещества и размера частиц в донных отложениях. Содержание НУ, Ba, Mn, Zn, Cu, Pb, As, Hg, V и Cr уменьшается по мере снижения количества органического вещества в донных осадках и увеличения размера частиц в ряду: торф-торфянистые илы-глины-песок (рис. 4.27). Такая закономерность распределения микроэлементов является общей для всех донных отложений водных объектов. Для As и Hg можно выделить увеличение концентраций в торфянистых илах, что отражает характерные в данных геохимических условиях процессы образования элементами нерастворимых органоминеральных комплексов, приводящих к увеличению содержания As и Hg в илах и торфянистых илах (Экогеохимия, 1996; Иванов, 1994; Грановский и др., 2001; Сысо, 2007; Гусева, Копылова, 2009; Селиванова, 2014; Манасыпов, Лим, 2015).

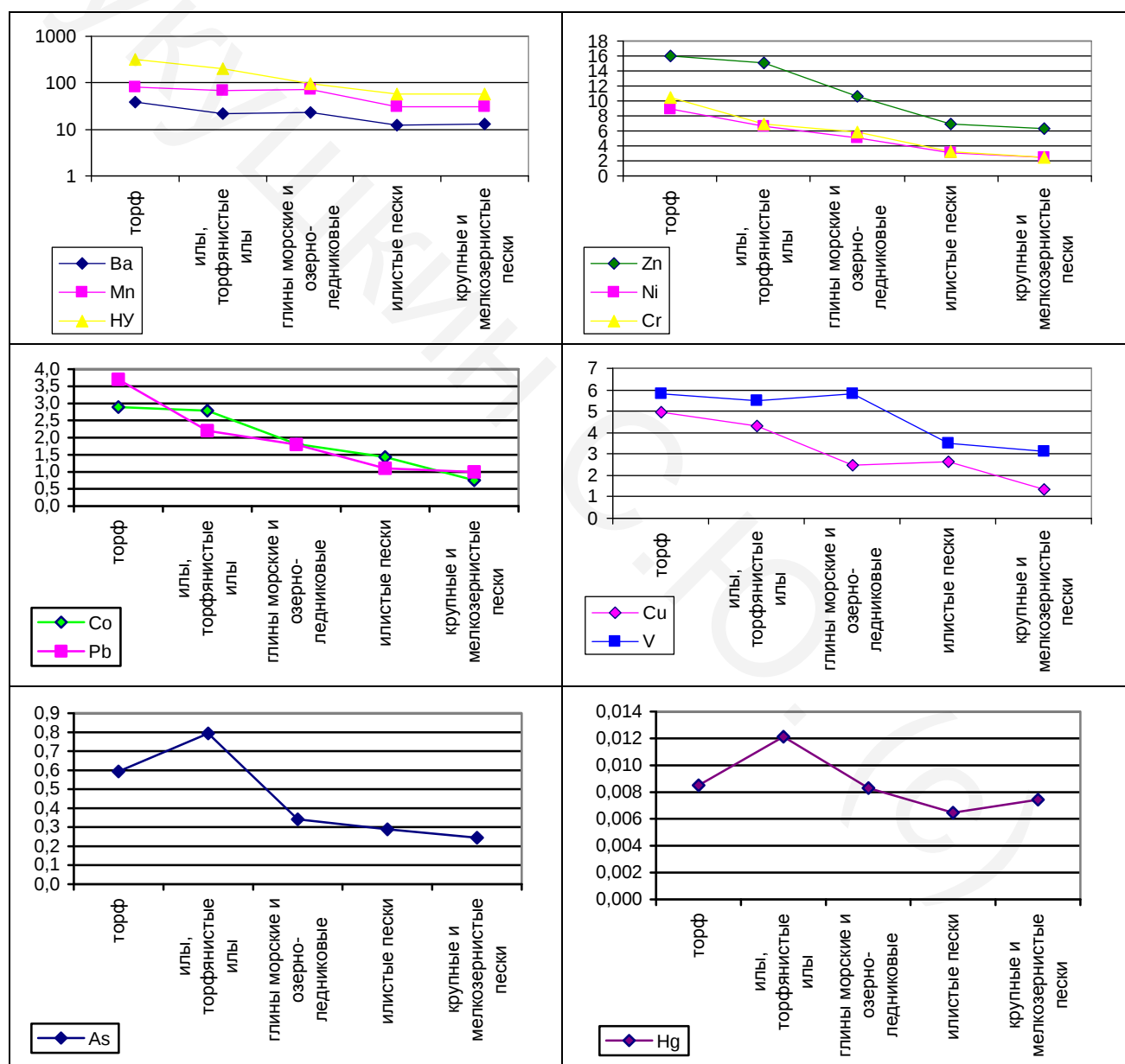


Рис. 4.27. Содержания ТМ и НУ в донных осадках исследованной территории, мг/кг

Поступление Cd в донные осадки обусловлено в основном химическим составом горных пород, что хорошо иллюстрируется его распределением в донных отложениях - максимальные

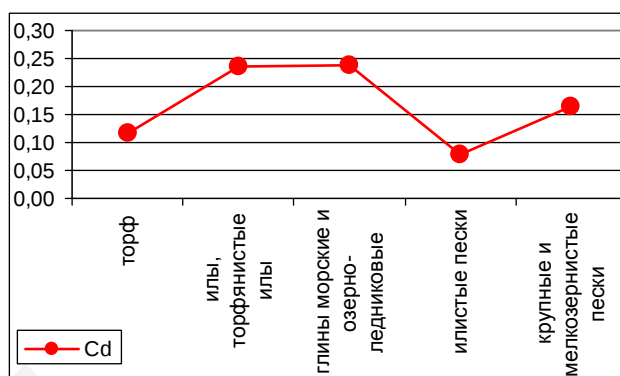


Рис. 4.28. Содержания Cd в донных осадках исследованной территории, мг/кг

Сравнение средних значений ТМ и НУ в донных осадках водных объектов исследованной территории указывает на значительный разброс показателей, что обусловлено физико-географическими особенностями ЛУ и антропогенными факторами (см. прил. табл. 19). Однако средние значения концентраций исследуемых веществ являются характерными для севера Западной Сибири (Московченко, 1998, 2003, Валеева, Московченко, 2001; Сорокина и др., 2006; Уварова, 2010; Свириденко, 2011; Опекунов и др., 2012; Паничева и др., 2013). Относительно кларка литосферы по Виноградову (1962) микроэлементный состав донных осадков характеризуется низким содержанием ТМ и As.

На основе анализа иерархической структуры обобщенной выборки распределения ТМ и НУ в донных отложениях установлена структура связи в зависимости от типа донных осадков (см. прил. рис 19). Основная группа элементов находится в подчиненной зависимости от НУ и Cd, определяющими иерархическую структуру. Cd характеризует особенности содержания микроэлементов в донных осадках, представленных глинами и илами, и НУ, обуславливает содержание микроэлементов в органогенных донных отложениях.

Анализ факторной структуры обобщенной выборки подтверждает тот факт, что тип донных отложений является определяющим в распределении микроэлементов (см. прил. табл. 20). Первый фактор отражает зависимости содержания ТМ и As от гранулометрического состава и генезиса донных осадков (фактор «кварцевого разбавления»). При анализе пространственного распределения нагрузок фактора прослеживается четкая ландшафтно-зональная зависимость (рис. 4.29). Положительные нагрузки проявляются в центральной части изученной территории, в водных объектах торфяников, где донные отложения представлены слабоминерализованными торфами и илами. Отрицательные значения компонента отмечены в южной части, где донные осадки характеризуются алеврито-песчаными отложениями. Основными и обуславливающими химический состав донных отложений исследованной территории являются природные факторы: литогенный, определяющий содержание микроэлементов в зависимости от гранулометрического состава осадков, фациальный, характеризующий процесс осадконакопления и вещественный фактор, определяющий состав осадков в зависимости от химического состава

концентрации в глинах и илах (рис. 4.28). Как известно, Cd в глинистых породах содержится на уровне в несколько раз выше, чем в песчаных (Добровольский, 1992).

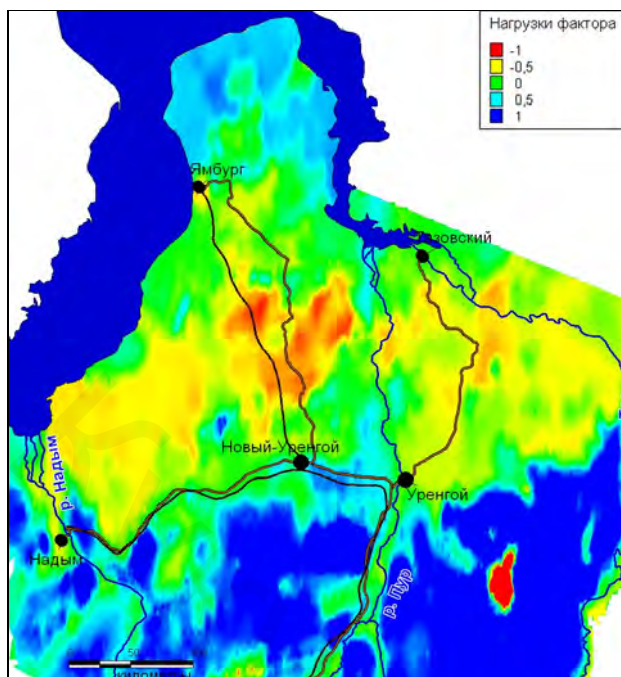


Рис. 4.29. Распределение первого фактора в обобщенной выборке по ТМ и НУ в донных отложениях (метод интерполяции IDW)

отложениях нарушенных и фоновых участков (см. прил. табл. 21). Однако, это обусловлено, в первую очередь, не антропогенной нагрузкой, а крайне контрастными литогеохимическими условиями формирования химического состава донных осадков рек и озер исследованной территории. Высокая вариабельность содержания микроэлементов и статистически достоверные отличия выборок объясняются различием в составе подстилающих четвертичных отложений, гранулометрическим составом донных осадков, интенсивностью процессов осадконакопления.

Интерпретация результатов факторного анализа обобщенной выборки и индивидуальных выборок по рекам и озерам для оценки влияния антропогенной нагрузки на формирование химического состава донных отложений является малоинформативной. Основное влияние на факторную структуру оказывает параметры донных осадков. Таким образом, для достоверной интерпретации необходимо провести факторный и статистический анализы, разделив донные отложения по группам, в соответствии с их характеристиками (табл. 4. 9). Расчет коэффициентов Фишера и Стьюдента подтвердил гипотезу о принадлежности к одной генеральной совокупности выборок содержания микроэлементов в донных отложениях рек и озер (см. табл. 4.8). Отсутствие статистически достоверных различий содержания микроэлементов в донных осадках рек и озер позволяет объединить результаты химического анализа в одну выборку.

Микроэлементный состав донных осадков озер и рек нарушенных территорий характеризуется более низкой вариабельностью (для всех типов донных отложений) всех значений, по сравнению с фоновыми участками (рис. 4.30), что является несвойственной статистической характеристикой содержания микроэлементов в водных объектах, испытывающих антропогенную

подстилающих четвертичных отложений (Сысо, 2004; Опекунов, 2005). Остальные компоненты в обобщенной выборке по водным объектам исследованной территории характеризуются малым вкладом в организацию факторной структуры.

Для точной оценки процессов формирования химического состав донных осадков исследованной территории проведен статистический анализ отдельно по выборкам содержания микроэлементов и НУ в донных отложениях озер и рек фоновых и нарушенных территорий. Статистический анализ показал достоверные различия средних концентраций в донных от-

нагрузку (Опекунов, 2005а, 2005б). Увеличение вариабельности значений концентраций ряда ТМ (особенно Cu, Ni, Co и Pb) в донных осадках водных объектов фоновых территорий обусловлено природными факторами формирования химического состава донных отложений (высокая контрастность литогеохимических условий). На исследованной территории при антропогенном воздействии на водные объекты происходит изменение этих контрастных геохимических условий накопления микроэлементов вследствие различных факторов (механическое воздействие на донные отложения при проведении дночерпательных работ, поступление загрязняющих веществ в водные объекты, изменение химического состава вод озер и рек).

Таблица 4. 9

Статистические показатели содержания НУ, ТМ и As в четвертичных породах и донных отложениях разного гранулометрического состава рек и озер антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/кг)

глины морские и озерно-ледниковые														
Нарушенные участки	средн	НУ	Ва	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
	мин	22	7	18	6	0,3	3,8	0,3	0,4	0,01	0,6	0,001	0,09	2,3
	макс	251	37	153	22	9,8	10,5	3,6	4,5	0,47	13,7	0,017	0,84	11,3
	коэф вар, %	63	36	44	35	72	33	53	85	83	54	63	56	30
	n	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	средн	30	20	40	8	0,8	3,0	1,0	1,6	0,25	3,185	0,008	0,25	3,2
Фоновые участки	мин	5	4	13	2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,01	0,200	0,001	0,02	0,8
	макс	63	44	102	18	3,7	6,8	3,4	4,2	0,46	6,800	0,018	0,49	5,2
	коэф вар, %	66	58	71	60	113	69	101	99	61	74	77	48	36
	n	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	F-расч/F-крит	8>1,8	1,8<1,8	1,6<1,8	1,7<1,8	6>1,8	1<1,8	1,1<1,8	1,5<1,8	1,5<1,8	1,7<1,8	1,6<1,8	1,6<1,8	3>1,8
	t-расч/t-крит	5>2	0,5<2	4>2	3>2	4>2	4>2	3>2	0,3<2	2,1>2	3>2	0,5<2	1,7<2	7>2
илы, торфянистые илы														
Нарушенные участки	средн	НУ	Ва	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
	мин	13	6	24	5	0,6	3,7	0,4	0,7	0,02	3,9	0,003	0,13	2,2
	макс	940	35	119	18	10,6	13,9	4,5	3,4	0,60	12,3	0,029	0,85	9,7
	коэф вар, %	103	47	44	32	65	33	63	50	80	27	75	49	44
	n	26	31	31	32	31	31	23	33	33	31	33	33	31
	средн	57	20	50	7	1,5	1,9	1,3	1,6	0,18	4,2	0,009	0,32	2,3
Фоновые участки	мин	8	5	12	2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,01	0,3	0,002	0,03	0,5
	макс	180	37	118	13	9,3	6,8	4,1	5,0	0,47	9,5	0,031	0,62	4,9
	коэф вар, %	92	43	73	52	157	94	107	99	82	63	97	53	57
	n	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	29
	F-расч/F-крит	30>1,8	1<1,8	1,4<1,8	1<1,8	1,9>1,8	1,7<1,8	1<1,8	3>1,8	1,6<1,8	1,4<1,8	1,6<1,8	1<1,8	2,5>1,8
	t-расч/t-крит	3>2	0,1<2	1,1<2	3>2	3>2	8>2	1,4<2	0,1<2	1,5<2	4>2	0,6<2	0,7<2	4>2
крупные и мелкозернистые пески														
Нарушенные участки	средн	НУ	Ва	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
	мин	3	2	12	2	0,1	0,7	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,04	0,4
	макс	150	32	43	7	2,8	8,0	1,8	1,1	0,21	6,7	0,018	0,64	8,3
	коэф вар, %	67	84	36	28	74	63	72	92	72	92	79	71	65
	n	38	39	37	39	39	39	39	39	39	39	39	39	38
	средн	58	16	28	5	0,4	3,1	0,6	1,1	0,22	2,8	0,009	0,26	2,9
Фоновые участки	мин	4	3	12	2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,02	0,2	0,001	0,01	0,2
	макс	147	46	67	10	1,9	8	2,5	4,0	0,43	7,0	0,023	0,50	7,0
	коэф вар, %	75	68	52	41	90	73	100	111	58	75	70	51	60
	n	57	57	51	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	F-расч/F-крит	1,2<1,7	1,3<1,7	1,8>1,8	4>1,7	2>1,7	4>1,7	2>1,7	15>1,7	7>1,7	2,3>1,7	4>1,7	1,5<1,7	1,8>1,7
	t-расч/t-крит	0,1<2	3,2>2	0,7<2	4>2	4>2	5>2	0,2<2	4>2	8>2	3>2	5>2	4,4>2	1,3<2

При этом стоит отметить, что максимальные значения микроэлементов в донных осадках

исследованной территории в несколько раз меньше кларковых значений для литосферы (Виноградов, 1962), и только среднее содержание Cd в глинах превышает его кларк (0,13мг/кг) содержания в литосфере (0,15мг/кг для нарушенных и 0,25мг/кг для фоновых территорий).

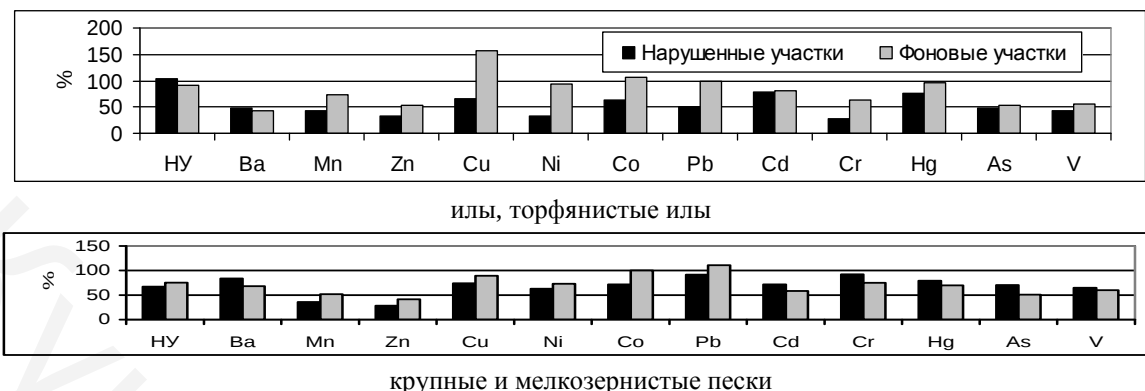


Рис. 4.30. Коэффициенты вариации для выборок по НУ и микроэлементам в донных осадках озер и рек исследованной территории

Результаты статистического анализа позволяют сделать вывод о достоверном увеличении значений только для концентраций НУ, Cu, Ni и V в глинах и илах водных объектов нарушенных территорий (табл. 4.9). Содержание остальных микроэлементов в этом типе донных отложений не имеет достоверных различий для фоновых и нарушенных участков. Для осадков, характеризующихся мелкозернистыми песчаными и алевритовыми отложениями, определены статистически достоверные различия для ряда микроэлементов (Mn, Zn, Cu, Ni и Hg). При этом, не отмечается увеличение концентраций в донных отложениях водных объектов нарушенных территорий. Такой характер распределения микроэлементов в песчаных донных отложениях может быть связан с различием водных объектов (в первую очередь, размером водотока).

Анализ факторных структур выборок, разделенных по литогенным основам (глины морские и озерно-ледниковые четвертичных отложений морских террас, песчаные аллювиальные отложения надпойменных террас, илы и торфянистые илы), дает возможность максимально точно определить природные и антропогенные факторы, оказывающие влияние на формирование химического состава донных осадков рек и озер исследованной территории (см. прил. табл. 22). Результаты факторного анализа позволяют выделить природные процессы, определяющие содержание микроэлементов в донных осадках разного генезиса, в зависимости от характера процессов осадконакопления в водных объектах. Как и в поверхностных водах, Mn входит почти во все ассоциации главных компонент, что обусловлено его высокой геохимической подвижностью в почвах и поверхностных водах Надым-Пур-Тазовского междуречья (Опекунов и др., 2012; Кремлева и др., 2013, 2014; Хорошавин, Ефименко, 2014).

В глинах основным фактором, определяющим химический состав, стал породный фактор содержания микроэлементов в четвертичных отложениях. Первый компонент определяет 36% дисперсии выборки и проявляется в донных

$$F \text{ } 136\% \quad \frac{V_{91} \text{ Cu}_{85} \text{ Cr}_{77} \text{ Co}_{75} \text{ Ni}_{72} \text{ As}_{73} \text{ Zn}_{70} \text{ Ba}_{48}}$$

осадках рек и озер на аллювиально-морских отложениях озер третьей и четвертой морских террас (Северо-Парусовый, Парусовый, и Южно Парусовый ЛУ, Северо-Часельский ЛУ).

Второй фактор связан с процессами отложения органического вещества на глинах рек и озер. Положительные нагрузки компонента определены в озерах, донные осадки которых представлены глинами, перекрытыми мощным слоем остатков растительности разной степенью разложения или слабо разложившимися торфяными отложениями. Отрицательные установлены в реках, где донные осадки представлены исключительно четвертичными глинами. Ассоциация элементов для второго компонента, являются характерной для геохимических условий севера Западной Сибири. НУ в данном случае не характеризуют нефтяное загрязнение донных осадков. Из-за особенности метода анализа нефтепродуктов инфракрасной спектрометрией, рост концентраций связан с органическим веществом (в первую очередь с лигнином). В геохимических условиях Надым-Пур-Тазовского междуречья Hg хорошо связывается с органическим веществом и в донных осадках озер происходит увеличение ее концентрации (Экогеохимия, 1996; Иванов, 1994; Грановский и др., 2001; Сысо, 2007; Гусева, Копылова, 2009; Селиванова, 2014; Манасыпов, Лим, 2015). Mn характеризуется высокой подвижностью и образует с органическим веществом хорошо растворимые соединения, поэтому при наличии большого количества органического вещества в донных отложениях происходит интенсивный вынос соединений Mn из глин (Иванов, 1997; Московченко, 2006; Кремлева и др., 2013, 2014; Хорошавин, Ефименко, 2014). Анализ содержания Mn в поверхностных водах исследованной территории подтверждает достоверное увеличение его концентраций в воде рек и озер, донные отложения которых характеризуются интенсивным накоплением органического вещества (см главу. 4.1.2.). Увеличение отрицательных нагрузок компонента отмечено в водных объектах, где практически отсутствуют процессы современного осадконакопления (дно сложено четвертичными морскими глинами), что хорошо объясняет определяющую роль Mn во втором компоненте. Исследованная территория характеризуется повышенным содержанием Mn в морских отложениях (Сысо, 2004; Московченко, 2010; Кремлева и др. 2014).

Третий фактор является природным и отражает изменение химического состава водных объектов в зависимости от гранулометрического состава донных отложений озер, формирующихся на глинах озерно-ледниковых, и присутствия органического вещества. Положительные нагрузки компонента отмечены в озерах и реках, где донные отложения представлены подстилающими породами. Отрицательные нагрузки фактора проявляются в озерах, где происходят процессы осадконакопления и донные осадки представлены отложениями илов на толще четвертичных глин.

Четвертый фактор обусловлен характером осадкообразования.

$$F_{III} 13\% \frac{Cd_{80} Pb_{49}}{Hg_{55} Pb_{63} Ba_{38}}$$

Нагрузки компонента определены для стариц и на участках рек с застойным режимом.

Пятый фактор является природным и определяет химический состав донных осадков, представленных озерно-ледниковыми отложениями.

$$F V6 \frac{\text{Ba}_{50}}{\text{Ba}_{50}}$$

Компонент отмечен исключительно в озерах и реках с характерными озерными синими песчаными глинами. Определяющим фактор является присутствие в ассоциации Ва, характеризующего полевошпатовую структуру донных осадков.

В *песчаных отложениях* первый компонент является породным (фактор «кварцевого разбавления») и определяет 25%

$$F I25\% \frac{\text{Ni}_{81} \text{Ba}_{72} \text{Zn}_{67} \text{Co}_{81} \text{Cr}_{54} \text{Mn}_{52} \text{Pb}_{51} \text{As}_{49} \text{Hg}_{45} \text{Co}_{37} \text{Cd}_{37}}{\text{Ni}_{81} \text{Ba}_{72} \text{Zn}_{67} \text{Co}_{81} \text{Cr}_{54} \text{Mn}_{52} \text{Pb}_{51} \text{As}_{49} \text{Hg}_{45} \text{Co}_{37} \text{Cd}_{37}}$$

дисперсии выборки. Он максимален в донных осадках рек и озер, расположенных на аллювиальных отложениях третьей надпойменной террасы (Северо-Самбургский, Западно-Песцовый ЛУ).

Как и в глинах, процессы осадконакопления определяют химический состав песчаных осадков. Вторым по весу фактором в песках, стал природный, обуславливающий химический состав отложений в зависимости от наличия или отсутствия процессов осадконакопления и поступления микроэлементов с водосборных площадей.

Отрицательные нагрузки компонента отмечаются в водных

$$F II14\% \frac{\text{As}_{57} \text{Hg}_{50}}{\text{Co}_{66} \text{Mn}_{45} \text{V}_{43} \text{Cu}_{38}}$$

объектах с характерной торфянистой водой и донными осадками, представленными песчаными отложениями с включением илистых фракций. Определяющим фактор является присутствие в ассоциации Со. Увеличение его концентрации в донных отложениях может быть связано с поступлением Со вместе с гуминовыми веществами с водосборных площадей и сорбцией его на илистых частицах. Положительные нагрузки компонента зафиксированы исключительно в водных объектах с водой естественного цвета и донными осадками, представленными крупно- и мелкозернистыми песками при отсутствии илистых фракций.

Третий фактор в песчаных отложениях может быть отнесен к природным. Компонент определен исключительно в водных объектах, донные осадки которых представлены мелкозернистыми и крупнозернистыми песками, формирующимися на четвертичных глинах третьей и четвертой морских террас. В песчаных аллювиальных отложениях надпойменных террас фактор не проявляется. При исключении из расчета НУ нагрузки фактора не меняются. Происходит изменение ассоциации, появляется Cd в противопоставление V и Cu. Можно предположить,

$$F III11\% \frac{\text{H}_{68} \text{V}_{68} \text{Cu}_{41}}{\text{H}_{68} \text{V}_{68} \text{Cu}_{41}}$$

что данный фактор относится к породным.

$$F III11\% \frac{\text{Cu}_{77} \text{V}_{47}}{\text{Cd}_{57}}$$

Четвертый фактор определяет химический состав в зависимости от состава донных отложений. Положительные нагрузки компонент имеет в донных осадках, представленных слабо разложившимся органическим веществом, накапливающимся на мелкозернистых песках. Отрицательные нагрузки определены для дон-

$$F IV10\% \frac{\text{H}_{44} \text{Hg}_{35}}{\text{Cu}_{66} \text{Pb}_{54}}$$

ных отложений, характеризующихся присутствием илистых фракций в мелкозернистых песках.

Пятый фактор в песчаных донных осадках связан с процессами осадконакопления и характеризуется положительными нагрузками в донных осадках, представленных крупно и мелкозернистыми песками при отсутствии ярко выраженных процессов современного осадконакопления. Отрицательные его нагрузки отмечаются в илистых мелкозернистых песках.

$$F \text{ V} 8\% \frac{Cr_{37}}{Cd_{63}}$$

В илах и торфянистых илах факторная структура существенно отличается от глин и песков. На химический состав илов основное влияние оказывают литогеохимические факторы среды. Породный имеет значительно меньший вес, чем в песчаных отложениях и глинах.

Основной процесс, определяющий химический состав илов является природным, связан с типом илистых отложений (торфянистые и минеральные илы). Положительные нагрузки компонента проявляются в торфянистых илах, отрицательные - в минеральных. Фактор независим от подстилающих пород.

$$F \text{ I} 33\% \frac{Ni_{95} Cu_{89} Co_{88} Zn_{84} Cr_{57} Hg_{55} As_{42}}{Cd_{47}}$$

Второй фактор в илах относится к антропогенно-природным. Компонент определяет накопление загрязняющих веществ в торфянистых илах и вынос микроэлементов из песчанистых илов. Положительные нагрузки характерны в торфянистых илах озер, представленных илистыми частицами и хорошо минерализованными торфами и расположенных рядом с производственными объектами. Отрицательные его значения отмечаются в песчанистых илах рек и озер фоновых территорий. Фактор не выражен в илистых донных осадках, в которых присутствует слабо разложившееся органическое вещество. В водоемах, где отмечены максимальные проявления компонента, в илах определены повышенные концентрации НУ относительно средних значений по ЛУ (см. прил. рис. 20).

$$F \text{ II} 23\% \frac{H_{97} V_{85} Cd_{70} Mn_{63} Cr_{48}}{Cd_{47}}$$

Третий фактор связан с влиянием илистых и песчаных частиц на химический состав донных осадков. Положительные нагрузки компонента обнаружены в алевритовых илах, отрицательные - в илистых.

$$F \text{ III} 11\% \frac{Ba_{79} Pb_{54} Mn_{44}}{Cd_{43}}$$

Четвертый фактор можно считать частным случаем третьего компонента, определяющим химический состав донных осадков, представленных илами с органическим веществом разной стадии разложения. Компонент определен исключительно в илистых торфянистых илах.

$$F \text{ IV} 10\% \frac{Hg_{60} Mn_{44} As_{39}}{Cd_{43}}$$

Пятый фактор связан с присутствием в илах хорошо минерализованных органических веществ вместе с песчаными частицами.

$$F \text{ V} 7\% \frac{Pb_{78}}{Cd_{43}}$$

Таким образом, проведенный анализ содержания НУ и микроэлементов в донных отложениях различного гранулометрического состава и генезиса позволяет сделать вывод, что ос-

новными факторами, влияющими на химический состав донных осадков, являются природные процессы. Породный фактор относится к основным в песчаных отложениях и морских глинах. Прослеживается четкая зависимость содержания микроэлементов от подстилающих пород. В илах на первое место выходит литогенный фактор. Общими процессами, определяющими химический состав донных осадков, являются: поступление, накопление и степень разложения органических веществ в донных отложениях. Наиболее характерны они для эвтрофированных водных объектов и стариц.

Антропогенный фактор проявляется только в торфянистых илах озер и связан с накоплением загрязняющих веществ в осадках. Техногенная нагрузка при освоении месторождений проявляется локально. Антропогенное воздействие на водные объекты характеризуется увеличением концентраций НУ, Сс, Ni и V в илистых донных осадках и морских глинах водных объектов нарушенных территорий. В песчаных донных отложениях рек и озер нарушенных участков исследованной территории не зафиксировано достоверное увеличение концентраций загрязняющих веществ по сравнению с фоновыми участками, что связано с отсутствием процессов интенсивного осадконакопления и выносом поступивших в водные объекты НУ и ТМ.

Анализ факторной структуры содержания ТМ и НУ в донных отложениях позволяет выделить антропогенные и природные процессы, определяющие микроэлементный состав донных отложений, отдельно по озерам и рекам. Как было сказано выше, основными природными факторами стали литогенный, породный и фациальный. Эти факторы определяют более 90% дисперсии выборок (см. прил. табл. 23, 24). Факторная структура для донных осадков рек исследованной территории близка к факторной структуре для крупно- и мелкозернистых песков. Донные осадки большей части рек исследованной территории в основном представлены песчаными отложениями, что и объясняет сходные показатели структуры главных компонент. В обобщенной выборке произошло объединение породного и литогенного факторов. При этом влияние органического вещества в донных осадках на их химический состав крайне незначительно. В озерах фациальный, породный и литогенный факторы, влияющие на химический состав донных осадков, в обобщенной выборке объединились в первые три группы компонент.

По результатам анализа факторных структур обобщенной выборки по рекам и индивидуальным выборкам по генезису донных отложений можно выделить только один антропогенный фактор, оказывающий влияние на химический состав донных осадков. Фактор отмечен только на освоенных ЛУ исследованной территории и связан с накоплением нефтепродуктов в илистых донных отложениях рек. Положительные нагрузки проявляются исключительно в донных осадках рек, протекающих рядом с производственными площадками или пересекающих объекты инфраструктуры (табл. 4.10). В реках исследованной территории антропогенная нагрузка при освоении месторождений приводит к уве-

$$FV8\% \frac{Cd_{53}HY_{49}}{Cu_{59}}$$

личению концентрации загрязняющих вещества в илистых донных отложениях. При этом, достоверно отмечается, только увеличение концентрации НУ в торфянистых илах рек.

Таблица 4.10

Максимальные значения нагрузок фактора F-V и содержание НУ и ТМ в донных осадках рек исследованной территории (мг/кг)

ЛУ	Надымский			Яро-Яхинский	Северо-Часельский		Самбургский		среднее по рекам исследованной территории
объект	Ручей за ж/д. вездеходные разьезды	ручей у ж/д моста.	р. Надым рядом с понтонной переправой	отсыпка авто-дороги	отсыпка автодороги, 800 м от площадки скв Р-10	отсыпка авто-дороги	Площадка скв. Р-18	Площадка скв. Р-156	
F-V	2,5	3	4	1,5	1	2	4,5	1,5	
НУ	225	335	495	220	251	150	564	138	80
Ba	11	12	8	16	37	4	12	5	18
Mn	16	51	36	97	54	26	40	19	60
Zn	12	5	12	11	6	7	9	4	11
Cu	0,8	1,1	1	0,9	1,8	1,7	0,6	1,3	2,4
Ni	4,7	1,9	3,4	5,7	10,1	0,9	7,1	1,1	4,5
Co	0,5	0,9	0,5	2,7	4,2	0,6	0,4	0,1	1,7
Pb	4,9	0,9	3,5	0,4	2,1	0,1	1,9	0,3	2,2
Cd	0,09	0,03	0,06	0,23	0,58	0,05	0,48	0,08	0,17
Cr	2	1,8	1,5	6,3	2,5	1,7	7,4	2,4	3,9
Hg	0,08	0,01	0,17	0	0,01	0	0	0	0,02
As	1	0,6	0,8	0,3	0,7	0,1	0,3	0,1	0,5
V	1,2	0,3	0,6	7,8	7,6	7,2	13,7	5,8	4,1

В озерах из всей группы факторов можно выделить только один антропогенный, связанный с загрязнением донных отложений. Положительные его значения выявлены только в илистых донных осадках водоемов освоенных ЛУ.

$$FIV8\% \frac{НУ_{89}}{...}$$

Максимальные положительные нагрузки характерны для озер рядом с производственными объектами месторождений (кустовые площадки, отсыпные площадки) (рис 4.31, 4.32 и табл. 4.11).

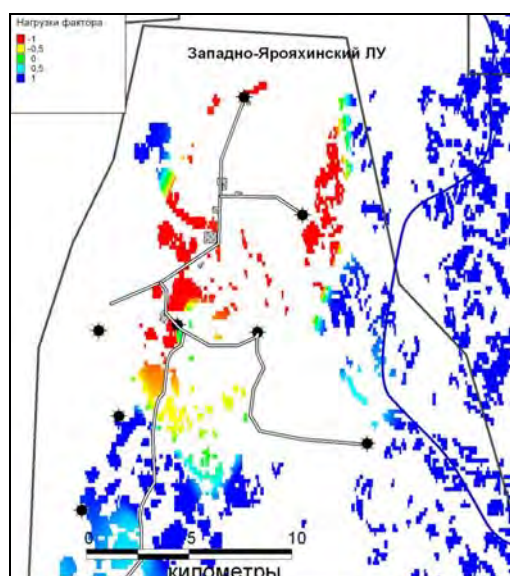


Рис. 4.31. Распределение нагрузок фактора F-IV в донных осадках озер Западно-Ярояхинского ЛУ (метод интерполяции IDW)

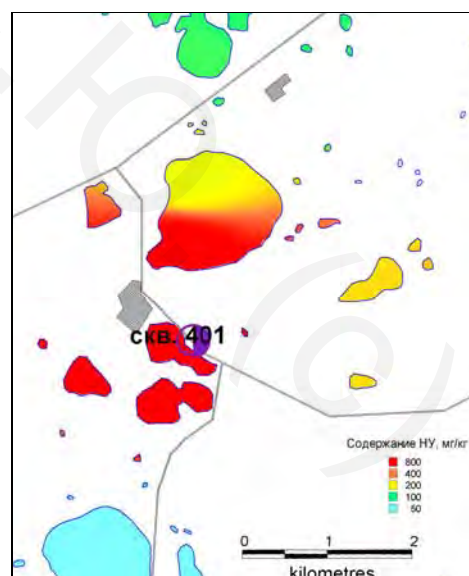


Рис. 4.32. Распределение НУ в донных отложениях озер, по мере удаления от скв 401, Западно-Ярояхинский ЛУ (метод интерполяции IDW)

Отмечается резкое увеличение концентрации НУ в донных осадках озер, независимо от их типа. В озерах с максимальным проявлением фактора при физическом воздействии на дон-

ные отложения визуально наблюдается всплытие нефтяной пленки (рис. 4.33). Отдельно стоит отметить крайне высокое содержание НУ в донных осадках Надымского нефтяного месторождения, которое на момент исследований находилось в стадии пробной эксплуатации. В донных отложениях озер данного ЛУ были определены максимальные концентрации НУ относительно остальных ЛУ газоконденсатных месторождений.

Таблица 4.11

Максимальные значения нагрузок фактора F-IV и содержание НУ и ТМ в донных осадках озер исследованной территории (мг/кг)

ЛУ	объект	F-IV	НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Яро-Яхинский ЛУ	куст скважин К-71	0,7	652	13	81	9	2	5	1,8	1,1	0,39	6	0,007	0,6	7,3
	площадка скв Р-45	0,7	940	25	119	10	3	7	2,4	2,2	0,41	9	0,005	0,3	12,9
	куст скважин К-11	0,9	1309	17	66	14	2	9	0,7	0,7	0,42	4	0,006	0,3	15,8
Северо-Часельский ЛУ	площадка скв Р-75	1,0	1550	35	98	18	3	8	3,2	0,9	0,46	14	0,007	0,2	12,4
	площадка скв Р-52	2,8	3610	42	51	15	7	10	0,4	1,0	0,70	10	0,006	0,1	15,4
Самбургский ЛУ	куст скважин К-5	1,2	1015	22	76	8	2	7	0,8	1,2	0,56	12	0,006	0,5	7,1
	площадка скв Р-218	2,0	2517	23	56	12	3	4	0,6	0,8	0,45	8	0,004	0,3	5,4
Западно-Ярояхинский ЛУ	площадка скв Р-402	1,4	1950	63	269	39	11	12	4,4	3,4	0,14	17	0,005	1,4	10,3
	зимник вдоль трубопровода, вездеходные разъезды	1,1	1195	80	109	29	13	16	6,0	6,9	0,02	21	0,005	2,4	19,3
Надымский ЛУ	старица рядом с ЖД мостом	1,4	2443	21	36	1	1	5	1,5	0,5	0,03	2	0,030	0,3	0,6
	старица рядом с аэропортом г. Надым	1,7	2436	15	28	5	2	2	1,7	3,2	0,07	2	0,340	0,6	1,5
	буровая площадка	3,9	5310	9	28	9	2	3	1,6	5,0	0,02	2	0,050	0,4	0,3
	Заброшенная разведочная скважина	5,1	6844	12	31	13	2	4	1,6	1,3	0,01	1	0,070	0,7	0,4
среднее по озерам исследованной территории			152	20	62	10	3	5	1,6	1,9	0,16	4	0,022	0,5	4,9



Рис. 4.33. Появление фрагментов нефтепродуктов на поверхности воды при механическом воздействии на донные отложения озера. Площадка разведочной скважины Р-218. Содержание НУ в донных осадках – 2517мг/кг, нагрузка фактора F-IV – 2. Самбургский ЛУ (фото автора)

Таким образом, в донных осадках рек и озер антропогенная нагрузка при освоении месторождений выражается в возможном накоплении загрязняющих веществ в илистых отложениях. Увеличение концентраций НУ в осадках, расположенных рядом с производственными площадками и объектами инфраструктуры эксплуатируемых месторождений ЛУ, более типично для озер, что связано с отсутствием выноса загрязняющих веществ.

Оценка содержания веществ группы ПАУ в донных отложениях водных объектов исследованной территории показала, что в индивидуальном составе ПАУ преобладает нафталин, доля которого очень велика до 50% и более (рис. 4.34), а абсолютные содержания достигают, на-

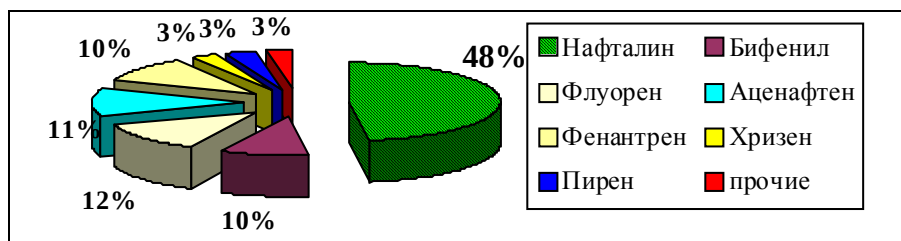


Рис. 4.34. Процентное распределение основных определенных веществ ПАУ в донных отложениях водных объектов исследованной территории

ниях суммы 22 наиболее токсичных веществ группы ПАУ зафиксировано на уровне 277 мкг/кг. Кроме этого, в осадках отмечается накопление бенз/б/флуорантена и перилена (до 1766 мкг/кг, озеро у скважины 810), 2,6-диметилнафталина и бифенила. Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина можно объяснить тем, что основным источником загрязнения служат минерализованные пластовые воды нефтегазоконденсатных месторождений. Вместе с нафталином, они обогащены фенантеном, пиреном и бенз/б/флуорантеном (Патин, 2001).

Проведенный анализ содержания НУ и микроэлементов в донных отложениях исследованной территории позволяет сделать вывод о ведущей роли природных процессов, оказывающих влияние на формирование химического состава осадков. Основными природными факторами в реках являются породный и литогенный. В озерах к ним можно добавить и фациальный, связанный с накоплением органического вещества в донных осадках. Антропогенная нагрузка при освоении месторождений исследованной территории, в первую очередь, выражается в увеличении концентрации НУ в донных осадках рек и озер. При этом стоит отметить, что в песчаных осадках не происходит аккумуляция НУ и микроэлементов. Максимальное накопление НУ, ТМ и As определено в торфянистых илах. В целом исследованная территория отличается низким уровнем содержания загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов как фоновых, так и нарушенных участков. Техногенное воздействие при освоении месторождений характеризуется крайне локальным загрязнением рек и озер. Статистический анализ установил достоверное увеличение концентрации загрязняющих веществ в глинах и илах рек и озер нарушенных территорий только для НУ, Cu, Ni и V. Был выделен фактор нефтяного загрязнения донных отложений водных объектов исследованной территории как один из процессов, определяющих химический состав донных осадков Надым-Пур-Тазовского междуречья. Увеличение содержания Cu и V в илах рек и озер проявляется локально рядом участками проведения буровых работ (рис. 4.35). При этом стоит отметить, что концентрации данных микроэлементов не превышают их кларковые значений в литосфере (Виноградов, 1962) и являются характерными для исследованной территории (Московченко, 1998, 2003; Сорокина и др., 2006; Уварова, 2010; Свириденко, 2011; Опекунов и др., 2012; Паничева и др., 2013). Наиболее типичным индикатором антропогенной нагрузки можно считать увеличение концентрации НУ, Cu и V в илах озер. В донных отложениях рек загрязнение водотоков выражено менее отчетливо.

пример, 100 мкг/кг в донных осадках р. Хэбидяпаста и 477 мкг/кг в донных осадках озера у скважины 810 на Северо-Пуровском ЛУ. Среднее содержание в донных отложе-

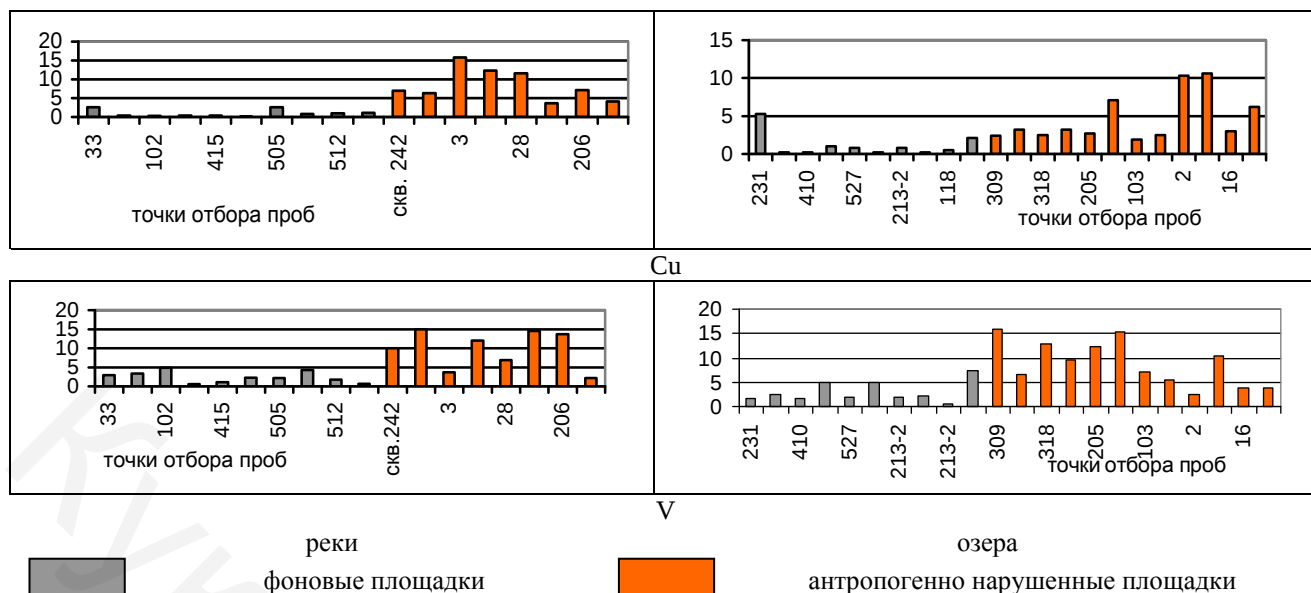


Рис. 4.35. Содержания Cu и V в илах рек и озер фоновых и нарушенных территорий, мг/кг

Таким образом, проведенный анализ содержания НУ и микроэлементов в донных отложениях водных объектов исследованной территории позволяет сделать следующие выводы:

- среднее содержание микроэлементов в донных отложениях рек и озер исследованной территории не имеет статистически достоверных различий, природные процессы являются основными, определяющими химический состав донных осадков водных объектов;
- в донных осадках рек химический состав формируется под влиянием породного и литогенного факторов, а в донных осадках озер к ним добавляется фациальный, наличие органического вещества в донных отложениях оказывает существенное влияние на содержание в них микроэлементов и НУ;
- в песчаных осадках исследованной территории не происходит накопления микроэлементов и НУ, химический состав определяется породным фактором, антропогенное загрязнение в песках не выражено;
- антропогенное воздействие на формирование химического состава донных осадков обусловлено проведением буровых работ и нефтяным загрязнением водных объектов, при этом загрязнение донных отложений при освоении месторождений проявляется локально, а аккумуляция загрязняющих веществ наиболее интенсивно происходит в торфянистых илах;
- техногенное загрязнение водных объектов характеризуется увеличением концентраций НУ, Cu и V только в илистых осадках, преимущественно в озерах, а преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина обусловлено поступлением в водные объекты пластовых вод.

Проведенный анализ содержания загрязняющих веществ в реках и озерах исследованной территории показал, что основное влияние на химический состав оказывают природные факторы. В целом, водные объекты характеризуется низким и локальным уровнем техногенного загрязнения. Индикаторами эмиссионных воздействий при освоении месторождений можно считать увеличение концентраций хлоридов, сульфатов, натрия, НУ, Ва и Си в водах рек и озер и

ростом (совместным) содержания Cr, Cu и HУ в озерах, а также повышенные концентрации HУ, Cu, Ni и V в илистых осадках и нафталина во всех типах донных отложений. Косвенным индикатором механических нарушений ландшафтов можно считать увеличение в водах рек содержания минерального фосфора. Повышенные концентрации в озерных водах минерального фосфора и аммонийного азота при отсутствии нитратных и нитритных форм азота выступают индикатором поступления хозяйственно-бытовых стоков в водоемы.

4.2. Загрязняющие вещества в почвах

Основные источники поступления загрязняющих веществ в почвы Надым-Пур-Тазовского междуречья - это выпадение с атмосферными осадками, прямой сброс на поверхность почв сточных вод (промышленных и коммунальных), аварийные разливы, стоки с производственных площадок и площадок бурения, шламовых амбаров, несанкционированных площадок размещения буровых растворов, несанкционированных свалок производственных отходов и металлолома (Быкова, Вильчек, 1989; Михайлова, 1991; Мазур, 1991; Гриценко и др., 1997; Солнцева, 1998; Московченко, 1998; Дьяконов, 1998; Елин, 2000; Сысо и др., 2001; Хаустов, Редина, 2006; Опекунов и др., 2012, 2015; Лаверов и др., 2016; и др.). Дополнительным источником загрязнения почвенного покрова может выступать изменение подвижности химических веществ, приводящее к накоплению поллютантов в почвах (Солнцева и др., 1988; Московченко, 1998; Смоляков, 2000). Высокая контрастность природных условий исследованной территории и антропогенного воздействия на различных уровнях (локальном, территориальном и региональном), сложный и мозаичный характер почвенного покрова существенно затрудняют идентификацию факторов и выделение антропогенной составляющей, обуславливающей химический состав почв (Опекунова и др., 2005, 2011, 2015; Опекунова, Кукушкин, 2012). Проведенный анализ распределения загрязняющих веществ в почвах позволяет оценить различные процессы, оказывающие влияние на содержание поллютантов в почвенном покрове ЛУ месторождений Надым-Пур-Тазовского междуречья.

Полученные результаты концентрации HУ в почвенном покрове исследованной территории свидетельствуют о высокой вариабельностью значений, что обусловлено как природными, так и антропогенными факторами (табл. 4.12). Содержание HУ в почвах исследованной территории (см. прил. табл. 25) соответствует средним уровням их концентраций для почв севера Западной Сибири (Пиковский, 1981, 1988, 1993, 2003, Солнцева, Садов, 1997, 1998; Опекунова и др., 1997, 2007; Сорокина и др., 2006; Опекунов и др., 2012).

Таблица 4.12

Статистические показатели содержания HУ в почвах исследованной территории мг/кг

горизонты почв	n	среднее	мин	макс	коэф вар.
аккумулятивные (органогенные)	452	503	6	4779	112
иллювиальные (минеральные)	361	70	1	1062	222

Сравнительный анализ радиального распределения НУ в почвах, показал, что НУ накапливаются в аккумулятивных горизонтах. Наиболее интенсивно это происходит в почвах, где поверхностные горизонты характеризуются значительным количеством органического вещества разной степени разложения (лесные почвы и торфяные почвы) (рис. 4.36). Почвенный покров исследованной территории отличаются широким распространением торфяных и торфяно-глеевых почв, в которых торф представлен полуразложившимися остатками сфагновых мхов, хорошо сорбирующих нефтепродукты, что и определяет повышенные концентрации НУ в поч-

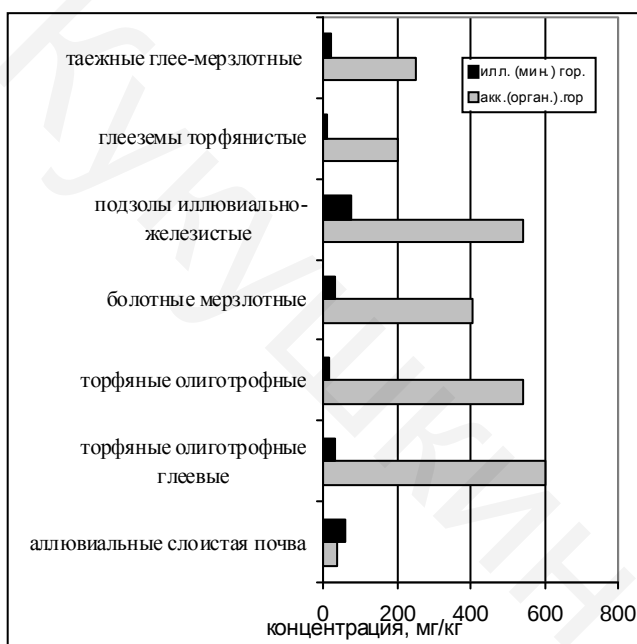


Рис. 4.36. Среднее содержание НУ в различных типах почв исследованной территории

Бачурин и др., 1988; Оборин и др., 1988; Пиковский и др., 2003; Бачурин, Одинцова, 2005; Опекунова и др., 2005, 2007; Кукушкин и др., 2008; Капелькина, 2014).

Радиальное распределение НУ в подзолах иллювиально-железистых с хорошо развитой подстилкой характеризуется увеличением содержания НУ в верхних оторфованных горизонтах и резким снижением концентрации в нижележащих слоях (рис. 4.37), что на антропогенно нарушенных почвах связано с процессами закрепления НУ в органогенном горизонте за счет сорбции и сополимеризации (Солнцева и др., 1998; Московченко, 1998; Лозановская, 1998; Пиковский и др., 2003; Аветов, Шишконокова, 2011, 2010; Водяницкий 2011; Опекунов и др., 2012; и др.). Вместе с тем, в легких по механическому составу аллювиальных почвах, характеризующихся промывным режимом, НУ легко мигрируют, и происходит увеличение их концентрации в нижележащих горизонтах (рис. 4.38). Такой характер распределения НУ по вертикальному профилю супесчаных почв речных долин связан с незначительным количеством органического вещества в поверхностных горизонтах, легким механическим составом минеральных горизонтов и интенсивным промывным режимом (Казанцева, 1994; Лозановская, 1998; Солнцева и др., 1998; Водяницкий 2011).

вах нарушенных участков. Лесная подстилка также обладает высокой нефтеемкостью (Солнцева и др., 1985; Солнцева, 1998; Пиковский и др., 2003; Аветов, Шишконокова, 2011, 2010, Водяницкий 2011 и др.). Природным фактором повышенных концентраций НУ в органогенных горизонтах почв можно считать присутствие в подстилке и торфяных горизонтах полуразложившихся, остатков эрикоидных кустарничков содержащих высокомолекулярные органические соединения, а также разнообразные продукты синтеза современных организмов (Пиковский, 1988;

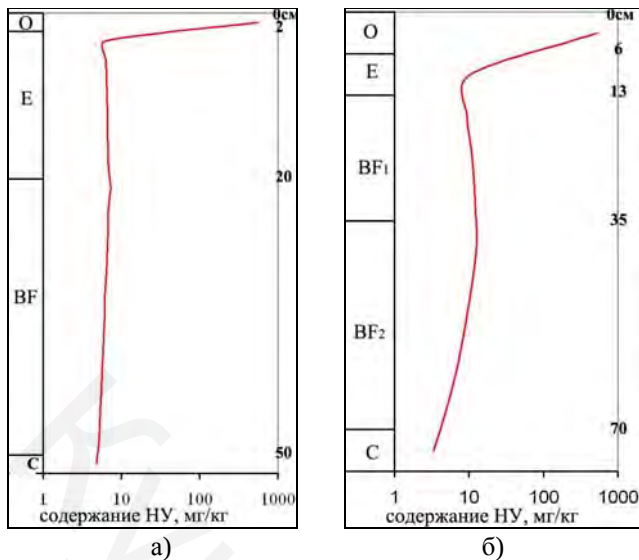


Рис. 4.37. Радиальное распределение НУ в лесных почвах, Западно-Яростинский ЛУ; а) подзол иллювиально-железистый под березово-лиственничным кустарничково-лишайниковым редколесьем б) подзол иллювиально-железистый под лиственнично-кустарничково-лишайниковым

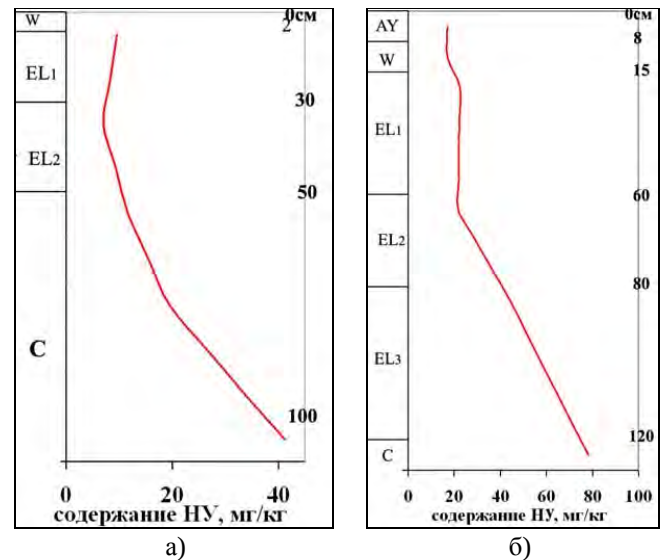
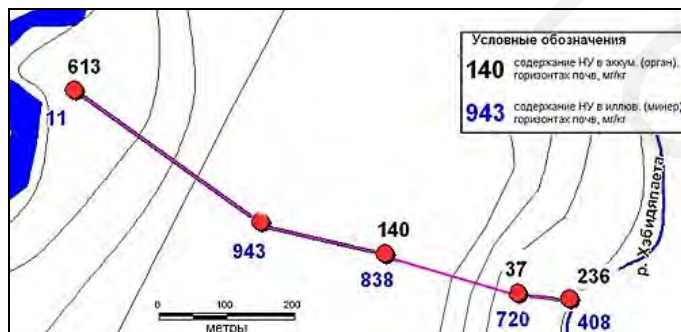
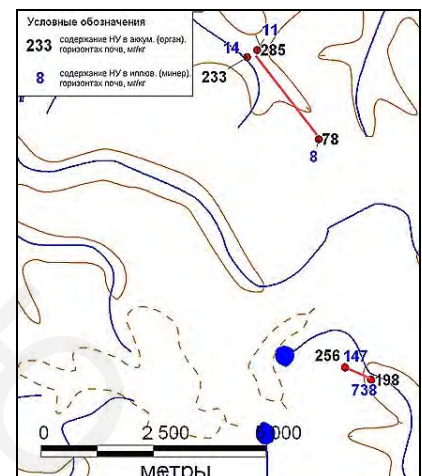


Рис. 4.38. Радиальное распределение НУ в почвах речных пойм; а) пойма р. Монгаюрбей аллювиально-слоистая почва под разреженным ивняком, Юрхаровский ЛУ; б) аллювиально-слоистая почва под луговым разнотравно-злаковым сообществом в низкой пойме р. Пур, Северо-Пуровский ЛУ

На катенарное распределение НУ в почвах основное влияние оказывает механический состав, а не положение в катенах (рис. 4.39). На исследованной территории не зафиксировано стабильного увеличения содержания НУ в почвах подчиненных фаций.



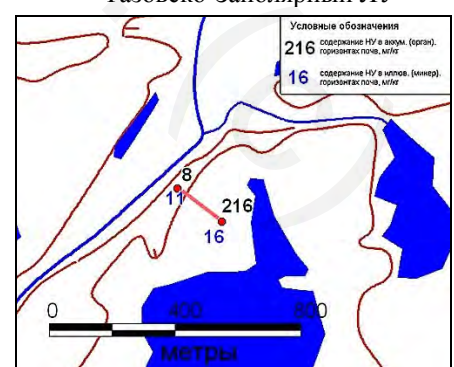
Юрхаровский ЛУ



Тазовско-Заполярный ЛУ



Северо-Парусовый ЛУ

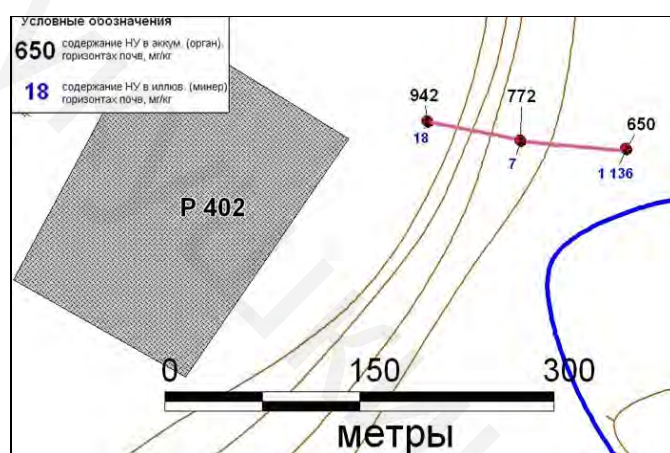


Парусовый ЛУ

Рис. 4.39. Распределение НУ в почвах ландшафтно-геохимических полукатен и катен исследованной территории

В тяжелых по механическому составу почвах, особенно в случае оглеения, при антропогенном загрязнении, НУ могут мигрировать и накапливаться в нижележащих горизонтах почв

(Глазовская, 1988; Казанцева, 1994; Лозановская, 1998; Солнцева и др., 1998; Пиковский и др., 2003; Опекунов и др., 2012). Наглядно иллюстрирующим данный факт накопления НУ в зависимости от положения в почвенной катене является профиль, изученный на территории Западно-Ярояхинского ЛУ (рис. 4.40). Профиль расположен рядом с производственной площадкой, где на момент проведения исследований осуществлялось бурение разведочной скважины Р-402. В субаквальных фациях (долина ручья), в глееземах поверхностно-глеевых тяжелосуглинистых установлено резкое увеличение концентрации НУ в минеральных горизонтах (с 18 до 1136 мг/кг). При этом, отмечалось снижение содержание НУ в органогенных горизонтах почв по профилю от автономных до подчиненных фаций.



- а) долина ручья с ивняком вейниково-сфагновым на торфяно-глееземе перегнойно-торфяном,
 б) средняя часть склона с кедрово-лиственничным багульниково-зеленомошным сообществом на подзоле иллювиально-железистом;
 в) плоская вершина с кедрово-лиственничным багульниково-лишайниковым сообществом на подзоле иллювиально-железистом

Рис. 4.40. Распределение НУ в ландшафтно-геохимической катене рядом с площадкой скважины Р-402, Западно-Ярояхинский ЛУ.

Анализ содержания НУ в почвах нарушенных и фоновых участков исследованной территории установил достоверные различия выборок (табл. 4.13). В минеральных горизонтах почв фоновых участков не отмечено повышенных концентраций НУ (см. прил. табл. 26).

Таблица 4.13

Статистические показатели содержания НУ в горизонтах почв на антропогенно нарушенных и фоновых участках исследованной территории (мг/кг)

горизонты почв	участки	среднее	мин	макс	коэф. вар., %	n	F-расч/F-крит	t-расч/t-крит
аккумулятивные (органогенные)	нарушенные участки	741	11	7644	132	239	52>1.3	7.9>1.97
	фоновые участки	230	6	498	59	171		
иллювиальные (минеральные)	нарушенные участки	133	10	2330	189	147	989>1.3	5.9>1.98
	фоновые участки	13	2	70	61	178		

Вертикальное распределение НУ в почвах, не испытывающих антропогенной нагрузки, характеризуется как более низкими концентрациями НУ в органогенных поверхностных горизонтах, так и резким падением содержания НУ в иллювиальных горизонтах (Опекунова и др., 2005, 2005, 2007, 2012; Кукушкин и др., 2008; Arestova et al., 2008; Опекунов и др., 2012 и др.).

Почвенный покров освоенных ЛУ характеризуется высокой вариабельностью значений и резким увеличением концентрации НУ как в аккумулятивных, так и в иллювиальных горизонтах (см. прил. табл. 4.27). Повышенные содержания НУ определены в почвах рядом с производственными объектами (кустовые площадки, трубопроводы, скважины и т.п.). При этом, концен-

трация НУ в иллювиальных горизонтах может быть на один-два порядка выше, по сравнению с содержанием в минеральных горизонтах почв фоновых территорий (рис. 4.41).

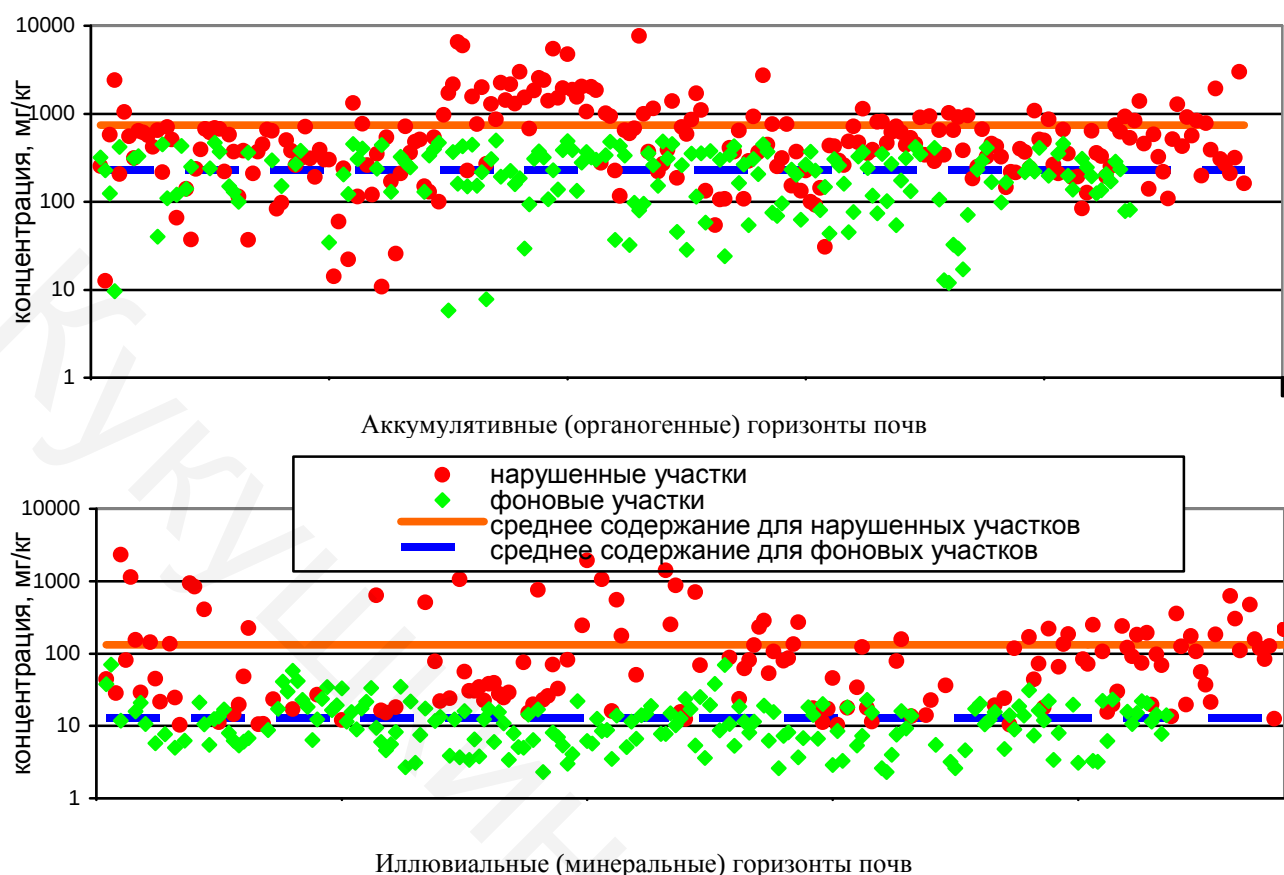


Рис. 4.41. Содержание НУ в почвах исследованной территории

Как видно из рис. 4.41, на нарушенных участках почвы характеризуются более высоким содержанием НУ в обоих генетических горизонтах. При этом стоит отметить, что в целом максимальные концентрации НУ в почвах рядом с производственными объектами редко превышают максимальные безопасные значения содержания легких углеводов для тундровых глеевых суглинистых и глинистых и тундрово-болотных почв - 2000мг/кг (Пиковский и др., 2003). От всего количества проб, отобранных на нарушенных территориях, доля таких образцов составила 4% (рис 4.42). Если учитывать значение 1000мг/кг (НД-№ 04-25/61-5678, «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами»), то их доля составляет 15%). Максимальная концентрация НУ в почвах определена на территории Яро-Яхинского ЛУ в районе куста скважин К-71 в 2011 г. на уровне 16929 мг/кг в поверхностном органогенном горизонте, при этом в иллювиальном горизонте отмечено резкое падение содержания НУ (84 мг/кг), что свидетельствовало о недавнем аварийном разливе нефтепродуктов.

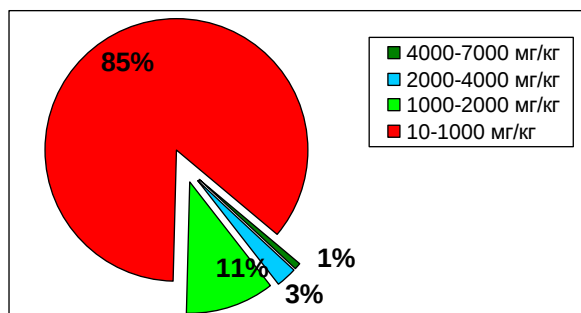


Рис. 4.42. Процентное распределение проб почв по уровням содержания НУ

Если учитывать значение 1000мг/кг (НД-№ 04-25/61-5678, «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами»), то их доля составляет 15%). Максимальная концентрация НУ в почвах определена на территории Яро-Яхинского ЛУ в районе куста скважин К-71 в 2011 г. на уровне 16929 мг/кг в поверхностном органогенном горизонте, при этом в иллювиальном горизонте отмечено резкое падение содержания НУ (84 мг/кг), что свидетельствовало о недавнем аварийном разливе нефтепродуктов.

при этом в иллювиальном горизонте отмечено резкое падение содержания НУ (84 мг/кг), что свидетельствовало о недавнем аварийном разливе нефтепродуктов.

Таким образом, можно считать, что в целом уровень антропогенного загрязнения нефтепродуктами почв исследованной территории низкий. В единичных случаях зафиксированы повышенные концентрации НУ в органогенных и минеральных горизонтах почв. При этом антропогенное загрязнение выражается в увеличении содержания НУ в обоих горизонтах почв.

Среднее суммарное содержание в почвах исследованной территории основных 22 наиболее опасных веществ группы ПАУ невелико и изменяется в пределах 10-321 мкг/кг в аккумулятивных горизонтах и 4-423 мкг/кг в иллювиальных горизонтах (табл. 4.16).

Таблица 4.16

Суммарное содержание веществ группы ПАУ в почвах различных районов, мкг/кг

Районы		горизонт	
		аккумулятив.	иллювиальн.
Исследованные ЛУ ЯНАО	среднее	103	47
	мин-макс	10-321	4-423
Фоновое содержание в почвах севера Западной Сибири, мкг/кг (Опекунов и др., 2012)	мин-макс	17-321	8-361
Новоуренгойское месторождение, (Опекунова и др., 1998)	среднее	77	н/д
Фон, пос. Троицко-Печорск, северная тайга (Габов и др., 2004)	среднее	47	8
Фон, г. Сыктывкар, средняя тайга, (Габов и др., 2004)	среднее	256	8
Нарушенные почвы, в районе газоперерабатывающего завода, северная тайга, (Габов и др., 2004)	среднее	1031	5
Нарушенные почвы, в районе ЦБК, средняя тайга, (Габов и др., 2004)	среднее	486	1
Почва парков г. Москвы, (на 2002г.) (Галактионов и др., 2004)	среднее	1500	
	мин-макс	570-3880	

Максимальное содержание ПАУ отмечается в верхних генетических горизонтах почв ПТК, расположенных вблизи промысловых и геологоразведочных скважин. При этом характерно резкое снижение концентрации ПАУ в нижележащих иллювиальных горизонтах, что указывает на поверхностный характер загрязнения. Во всех изученных образцах почв на нафталин приходится 50-100% суммарного содержания в зависимости от горизонта и ПТК (рис. 4.43). Стоит отметить, что обычно, основными соединениями, определяющими общее содержание ПАУ в почвах, являются: для фоновых территорий - фенантрен, флуорантен и пирен; для почв крупных городов - флуорантен, пирен, бенз/б/флуорантен и бенз/а/пирен; для почв промышленных районов - пирен, флуорантен, фенантрен и хризен (Ильницкий, 1975 и др.; Суздорф и др. 1994; Ровинский и др., 1988; Лозановская, 1998;) (рис. 4.43).

Как и в донных отложениях, преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина можно объяснить тем, что основным источником загрязнения служат минерализованные пластовые воды, поступающие на поверхность почв при проведении буровых работ. Вместе с нафталином они обогащены фенантеном, пиреном и бенз/б/флуорантеном (Патин, 2001).

В радиальном распределении ПАУ можно выделить 2 группы веществ. В первую входят нафталин, флуорантен, дибенз/а/а/антрацен, бенз/б/флуорантен и перилен, концентрации которых выше в аккумулятивных горизонтах почв. Вторую группу составляют аценафтен, фенантрен, 2,6-диметилнафталин, 1-метилфенантрен, пирен и 2,3,6-триметилнафталин, содержание

которых выше в иллювиальных горизонтах почв. Это распределение может быть связано с различием в миграционной способности и возможностью закрепления некоторых ПАУ в составе органического вещества.

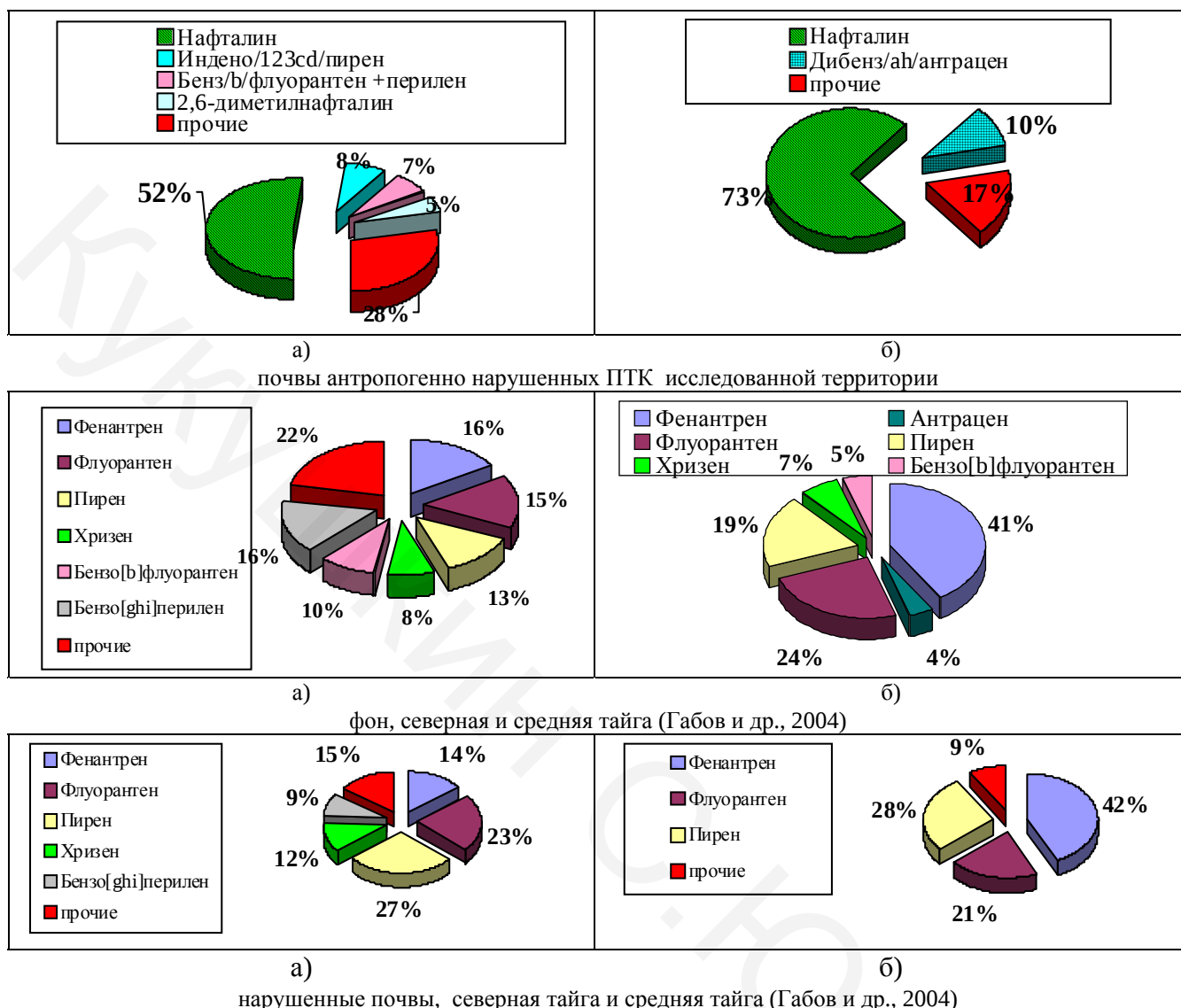


Рис. 4.43. Процентное распределение основных определяемых веществ ПАУ в почвах различных районов. **а)** аккумулятивные горизонты почв; **б)** иллювиальные горизонты почв

Сравнение концентраций ТМ и As в почвах исследованной территории с литературными данными (Ильин, 1987; Опекунова и др., 1997, 2005, 2007, 2012; Солнцева, 1998; Московченко, 1998, 2006, 2010; Сысо, 2004 Сорокина и др., 2006; Опекунова, Кукушкин, 2011; Опекунов и др., 2012) показывает, что изученные почвы в целом характеризуются низким содержанием микроэлементов. Концентрации ТМ ниже кларковых в 3-9 раз, за исключением Cd (табл. 4.17).

В целом, содержание микроэлементов в почвенном покрове является типичным для данной территории. Характер миграции и аккумуляции ТМ в почвах исследованных ЛУ крайне сложен. Несмотря на низкие средние и фоновые показатели, содержание большинства ТМ и As в почвах характеризуется значительным разбросом значений (см. прил. табл. 28). Это обусловлено рядом как естественных, так и антропогенных факторов.

Таблица 4.17

Статистические показатели содержания ТМ и As в почвах исследованной территории (мг/кг)

		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
аккумулятивные (органогенные) горизонты.	средн	77	189	28	7	8,4	4,0	9,0	0,27	11,0	0,058	0,8	6,6
	мин	1	2	2	1	0,3	0,2	0,3	0,01	0,6	0,001	0,1	0,3
	макс	668	2960	213	40	36,2	27,9	53,5	1,25	58,6	0,280	6,0	58,5
	коэф.вар, %	114	141	59	83	61	93	101	64	90	81	75	98
	<i>n</i>	552	553	554	537	555	552	550	541	550	542	485	544
иллювиальные (минеральные) горизонты	средн	109	114	22	8	9,4	3,6	5,7	0,13	15,8	0,026	1,4	16,2
	мин	3	1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,003	0,1	0,002	0,1	0,1
	макс	791	850	60	33	30,1	16,4	18,0	0,60	63,3	0,180	8,5	99,0
	коэф.вар, %	147	92	57	83	71	77	66	76	74	71	82	116
	<i>n</i>	449	452	450	451	450	437	453	397	455	385	386	446
Почвы Западной Сибири (Ильин, 1987)		н/д	1060	85,5	33,8	25,9	15,6	16,4	н/д	59,5	н/д	н/д	74,4
Кларк литосферы (Виноградов 1962)		650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90

Как отмечалось ранее, почвенный покров исследованной территории отличается сложным мозаичным, комплексным строением и многообразием типов почв. Контрастность геохимических условий обуславливает значительную естественную вариабельность содержания микроэлементов в горизонтальной и вертикальной структурах почвенного покрова (Солнцева и др., 1988; Солнцева, 1998; Московченко, 1998; Сысо и др. 2000; Богатырев, Василевская, 2004; и др.).

Анализ радиального распределения ТМ и As в почвах исследованной территории позволяет сделать вывод, что существуют различия в их содержании в разных горизонтах в зависимости от типа почв (табл. 4.18). Это хорошо согласуется с данными других исследователей (Сысо, 2007; Московченко, 2010; Водяницкий 2011; Свириденко, Питерских 2012). По особенностям накопления микроэлементов в почвах исследованная территория может быть разделена на участки с подзолистыми (подзолы иллювиально-железистые и торфяно-подзолы глеевые) и торфяно-болотными почвами. Органогенные горизонты подзолистых почв характеризуются более высокой аккумуляцией Ba и Pb по сравнению с торфяно-болотными почвами, что обусловлено ландшафтно-геохимическими особенностями территорий. Pb хорошо аккумулируется в самой верхней части почвенного профиля: в подстилках, грубо-гумусовых и гумусовых горизонтах (Нечаев, 1988; Глазовская, 1994). В ПТК исследованной территории Надым-Пур-Тазовского междуречья Ba интенсивно поглощается кустарничками и кустарниками, что определяет повышенное его содержание в органогенных горизонтах подзолистых почв (Московченко, 2010; Опекунова и др., 2015). Преимущественно легкий механический состав этих почв определяет также более высокие концентрации Ba в лесных и лесотундровых почвах.

Увеличение содержания Zn, Cu и Hg типично для органогенных горизонтов всех типов почв исследованной территории. Процессу увеличения концентрации их в почвах способствует большое содержание органических веществ, при этом образуются малорастворимые металлоорганические комплексы, которые способствуют закреплению данных ТМ в почве (Ковда, 1985; Химия..., 1985; Глазовская, 1988; Солнцева и др., 1988; Кабата-Пендиас, 1989; Солнцева, 1998;

Таблица 4. 18

Среднее содержание ТМ и As в различных типах почв исследованной территории, мг/кг

Тип почв	гор.	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
подзолы иллювиально-железистые	аккумуля.	49	31	18	8,3	6,8	1,4	7,7	0,19	2,1	0,04	0,48	3,1
	иллюв.	30	17	11	4,1	5,0	1,8	4,8	0,15	5,5	0,02	0,87	6,1
торфяно-подзолы глеевые	аккумуля.	62	56	20	7,5	6,8	2,0	10,4	0,24	3,3	0,03	0,50	3,9
	иллюв.	31	60	13	4,6	5,7	2,3	7,7	0,07	10,9	0,02	0,54	11,2
Аллювиально-слоистые	иллюв.	26	30	5	2,8	3,8	1,2	1,6	0,16	2,1	0,02	0,73	3,2
торфяно-глеевые и торфяно-болотные	аккумуля.	35	33	20	11,1	9,3	2,8	4,8	0,17	3,2	0,05	0,49	3,3
	иллюв.	21	45	16	12,2	10,4	3,5	3,8	0,12	7,1	0,03	1,12	8,0

В торфяных почвах содержание Mn в органогенных горизонтах ниже, чем в минеральных. Такой характер распределения обусловлен литогеохимическими условиями Надым-Пур-Тазовского междуречья. Во-первых, это связано с высоким содержанием Mn в почвообразующих породах севера Западной Сибири. Во-вторых, Mn в геохимических условиях севера Западной Сибири характеризуется высокой подвижностью и образует с органическим веществом хорошо растворимые соединения, что приводит к активной миграции его вглубь почвенного профиля (Западная Сибирь, 1963; Гидрогеология СССР, 1970; Природные условия ..., 1972; Иванов, 1997; Московченко, 2006; Сысо 2007; Гусева, Копылова, 2009; Кремлева и др., 2013; Барышева, Кремлева, 2013; Хорошавин, Ефименко, 2014; Кремлева и др., 2014). Увеличение содержания Mn в иллювиальных горизонтах торфяных почв обусловлено как поступлением его из подстилающих пород, так и миграцией подвижных форм Mn из органогенных горизонтов в нижележащие минеральные.

Содержание Ba и Cr в большинстве типов почв выше в иллювиальных горизонтах. Существует определенная зависимость в изменении концентраций данных ТМ от механического состава последних. Содержание Ba увеличивается в легких по механическому составу почвах за счет полевошпатовых минералов, а Cr - в тяжелых по механическому составу почвах. Естественное содержание Cr в почвах зависит от концентрации его в подстилающих породах (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989), а содержание его в почвообразующих породах Севера Западной Сибири тесно связано с механическим составом пород - в суглинистых и глинистых отмечено максимальное содержание Cr (Ильин, Сысо, 2001).

В торфяных почвах, по сравнению с лесными, более интенсивно накапливается Co. Это обусловлено увеличением его подвижности в подзолах иллювиально-железистых. В почвах с развитой и разложившейся подстилкой Co образует хорошо растворимые соединения с гуминовыми веществами почв и становится мобильным (Иванов, 1997; Агбалян, Шинкарук, 2005; Хорошавин, Ефименко, 2014). Вследствие миграции вниз по почвенному профилю наблюдается снижение концентрации Co в органогенных горизонтах лесных почв с одновременным увеличением содержания его в нижележащих слоях.

На содержание Cd в почвах основное влияние оказывает механический состав почвооб-

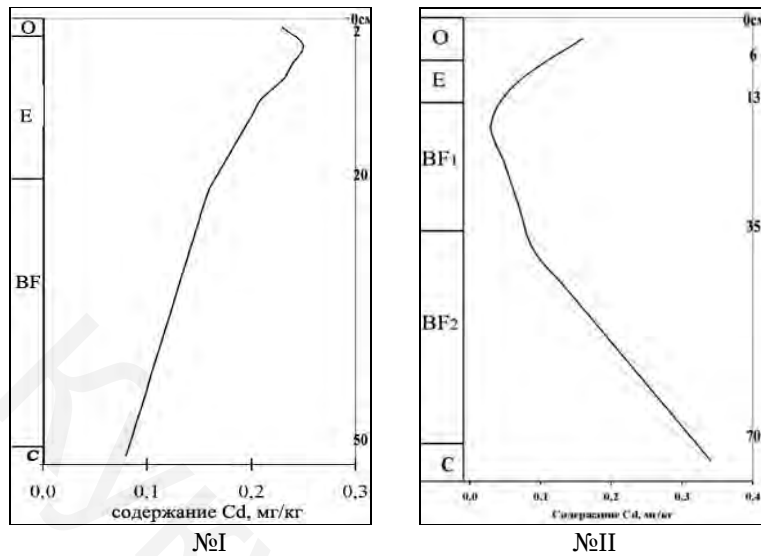


Рис 4.44. Радиальное распределение Cd в лесных почвах, Западно-Ярояхинский ЛУ. №I - подзол иллювиально-железистый супесчаный под березово-лиственнично-кустарничково-лишайниковым редколесьем; №II - подзол иллювиально-железистый на суглинистых отложениях под лиственничником кустарничково-лишайниковым

разующих пород. В глинистых породах концентрация его в несколько раз выше, чем в песчаных (Добровольский, 1992). Наиболее показательным является вертикальное распределение Cd в профиле двух почвенных разрезов подзолов иллювиально-железистых (рис. 4.44). Как видно из рис. 4.44. в суглинистых горизонтах почвенного разреза №II происходит резкое увеличение концентрации Cd, а в супесчаных горизонтах почвенного разреза №I, его содержание плавно снижается.

Анализ латеральной миграции в ландшафтно-геохимических катенах и полукатенах позволяет выделить несколько характерных особенностей распределения микроэлементов в почвах подчиненных и автономных фаций. На миграционные потоки оказывают влияние три фактора: механический состав почв, характер рельефа и присутствие мерзлотного слоя. При этом, соотношение факторов может существенно меняться. В оглееных тяжелых по механическому составу мерзлотных почвах с незначительной глубиной сезонного оттаивания (до 20 см) в поверхностных горизонтах происходит миграция по рельефу почти всего ряда ТМ, за исключением Zn и V. Примером может служить распределение ТМ в ландшафтно-геохимической катене на территории Юрхаровского ЛУ (рис. 4.45). Несмотря на незначительные перепады высот (2-3м), здесь отмечается увеличение концентрации микроэлементов в поверхностных горизонтах почв подчиненных фаций. Такой характер распределения связан с высокой водонасыщенностью оттаявших поверхностных горизонтов почв и миграцией химических элементов по мерзлотному барьеру (Московченко, 1998; Kukushkin, 2011). В иллювиальных горизонтах почв субаквальных подчиненных фаций отмечено снижение концентрации ТМ, что обусловлено несколькими причинами: отсутствием интенсивного поступления веществ в минеральные горизонты почв вследствие наличия мерзлотного слоя, а также отсутствием аккумуляции ТМ в аллювиальных почвах вследствие их легкого механического состава и промывного режима.

При значительной глубине сезонной оттайки в органогенных горизонтах почв автономных фаций, независимо от механического состава почв, отмечается накопление микроэлементов, что обусловлено образованием органических комплексов. Как и в мерзлотных глеевых

почвах, в иллювиальных горизонтах тяжелых по механическому составу почв происходит миграция микроэлементов по рельефу (рис. 4.46).

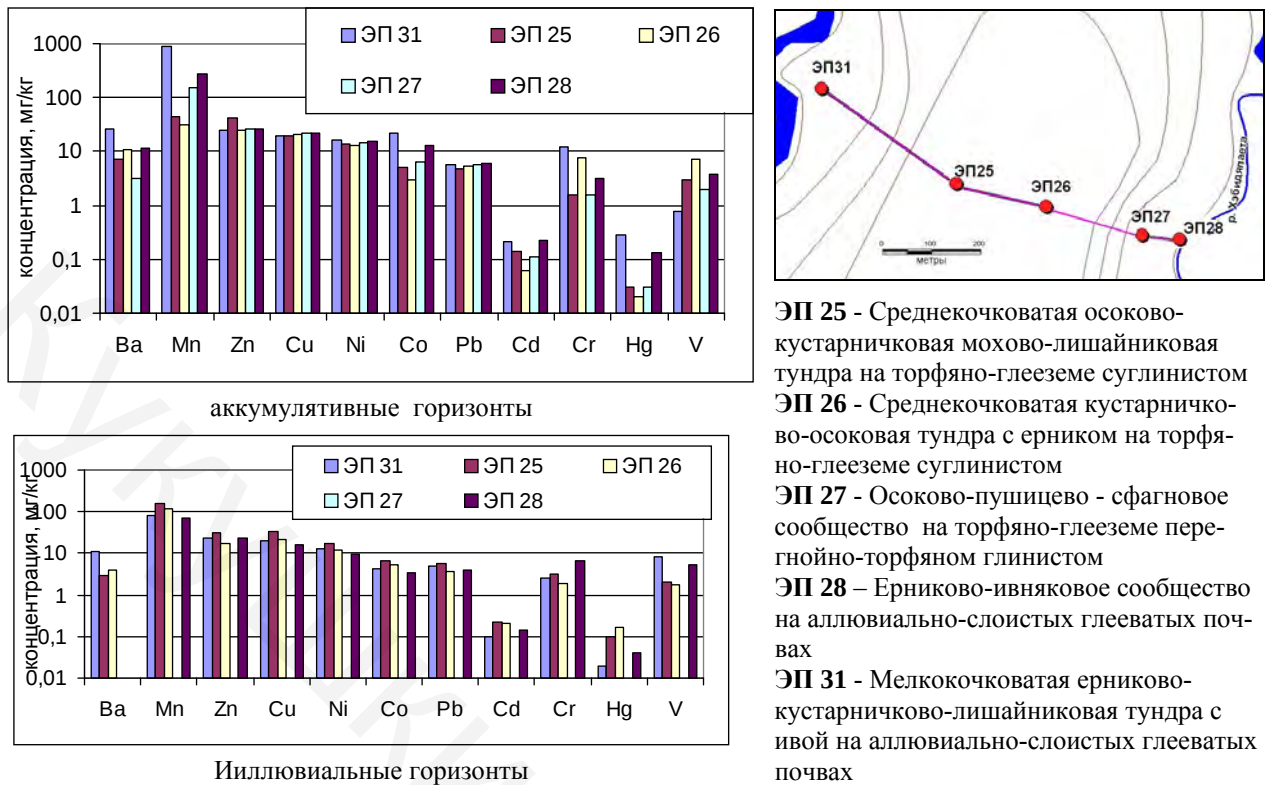


Рис. 4.45. Содержание микроэлементов в почвах ландшафтно-геохимической катены, Юрхаровский ЛУ

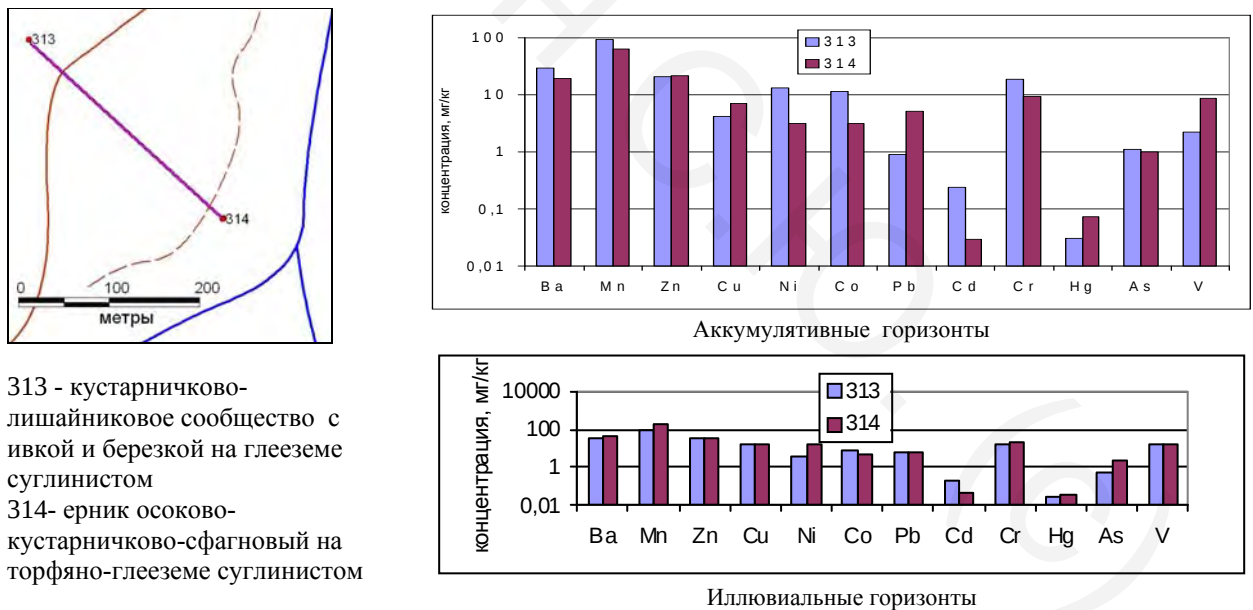
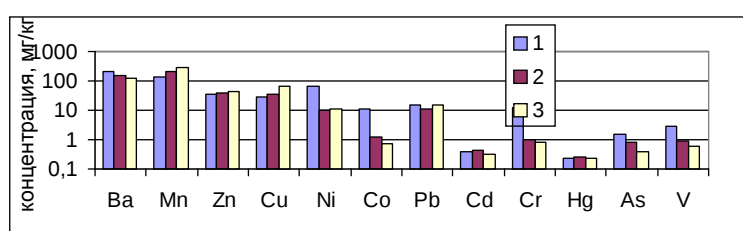


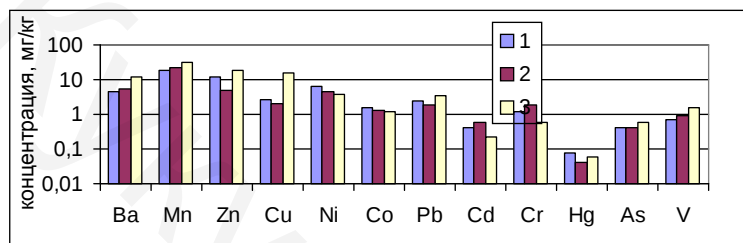
Рис. 4.46. Содержание микроэлементов в почвах ландшафтно-геохимической катены, Северо-Парусовый ЛУ

В легких по механическому составу почвах нарушенных территорий латеральная миграция микроэлементов выражена слабо. В подчиненных фациях не было отмечено увеличения содержания ТМ, несмотря на значительные перепады высот в пределах ландшафтно-геохимической катены (20м) (рис. 4.47). Такой характер распределения связан с быстрым по-

ступлением загрязняющих веществ по почвенному профилю в глубину и локализацией загрязнения (провальная фильтрация) (Московченко, 1998; Kukushkin, 2011).



Аккумулятивные горизонты



Иллювиальные горизонты

Рис. 4.47. Содержание микроэлементов в почвах ландшафтно-геохимической катены, Западно-Ярояхинский ЛУ

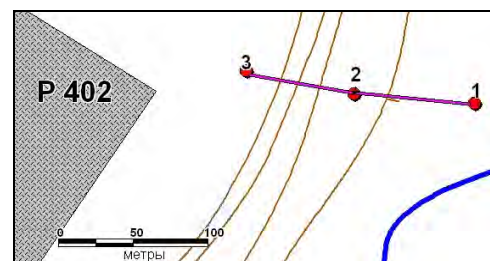
Для оценки особенностей накопления ТМ в почвах были рассчитаны кларки концентраций (табл. 4.19). Ряды интенсивности накопления ТМ для разных генетических горизонтов почв имеют незначительные отличия:

аккумулятивные горизонты почв

Cr < Ba < Mn < Ni < Zn < V < Cu < Co < Pb < Cd < Hg

иллювиальные горизонты почв

Cr < Ba < Mn < Ni < Zn < Co < Cu < Pb < V < Cd < Hg



- 1- долина ручья с ивняком веерно-сфагновым на торфяно-глеземы перегнойно-торфяном суглинистом
2- средняя часть склона с кедрово-лиственничным багульниково-зеленомошным сообществом на подзоле иллювиально-железистом супесчаном
3- плоская вершина с кедрово-лиственничным багульниково-лишайниковым сообществом на подзоле иллювиально-железистом супесчаном

Таблица 4.19

Статистические показатели значений кларков концентраций ТМ в почвах Надым-Пур-Тазовского междуречья

		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	V
Аккумулятивные горизонты	средн	0,10	0,21	0,32	0,34	0,21	0,41	0,76	1,23	0,07	5,96	0,33
	мин	0,003	0,002	0,029	0,005	0,008	0,010	0,010	0,050	0,004	0,150	0,019
	макс	0,62	3,48	0,77	2,00	0,91	2,22	5,04	6,25	0,62	28,00	1,75
	коэф вар, %	86	128	45	92	62	87	111	62	98	78	68
	n	446	447	447	447	447	447	447	447	447	447	447
Иллювиальные горизонты	средн	0,09	0,13	0,28	0,40	0,24	0,33	0,51	0,62	0,09	2,43	0,45
	мин	0,002	0,001	0,005	0,001	0,003	0,002	0,010	0,008	0,001	0,150	0,007
	макс	0,50	2,82	0,80	4,50	1,50	1,64	1,80	6,00	0,37	16,00	3,09
	коэф вар, %	78	138	59	101	77	83	69	91	68	71	72
	n	362	361	362	362	362	362	362	362	362	362	361

В аккумулятивных и иллювиальных горизонтах почв минимально аккумулируются Cr и Ba, а максимально накапливаются Cd и Hg. Накопление в органогенных горизонтах почв Cd и Hg является типичным для торфяных почв севера Западной Сибири (Добровольский, 1983; Московченко, 2010). Кларки концентраций характеризуются относительно низкой вариабельностью значений за исключением Mn. Значительный разброс величин кларков концентраций Mn в обоих генетических горизонтах почв обусловлен, как уже было сказано, его высокой геохимической подвижностью в ландшафтах севера Западной Сибири. Существенная вариабель-

ность значений для Pb и Cu может быть связана с влиянием как антропогенных, так и природных факторов.

Ряды интенсивности накопления ТМ существенно различаются для фоновых и нарушенных территорий. Наиболее значительные отличия определены для аккумулятивных горизонтов почв (табл. 4.20). Установлено статистически значимое увеличение интенсивности аккумуляции Ba, Cu и Pb в поверхностных горизонтах почв нарушенных территорий (табл. 4.20). При этом отмечаются достоверные различия кларков концентраций в органогенных горизонтах почв фоновых и нарушенных участков для всех ТМ за исключением Hg и Cd, что может быть связано с антропогенным изменением ландшафтно-геохимических условий (см. прил. табл. 29).

Таблица 4.20

Средние значения кларков концентрации ТМ в почвах нарушенных и фоновых участков исследованной территории

			Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	V
Аккумулятивные горизонты	Нарушенные участки	средн	0,12	0,14	0,3	0,4	0,2	0,3	1,0	1,3	0,04	6	0,3
		мин	0,01	0,007	0,06	0,06	0,03	0,05	0,07	0,27	0,007	0,7	0,07
		макс	0,62	1,04	0,8	1,5	0,5	1	5	6	0,2	28	0,9
		коэф вар, %	86	119	45	84	58	65	106	57	88	84	59
		n	240	234	237	237	233	209	226	217	230	230	199
	Фоновые участки	средн	0,08	0,27	0,4	0,2	0,3	0,5	0,5	1,3	0,10	6	0,4
		мин	0,004	0,002	0,038	0,005	0,03	0,01	0,07	0,100	0,005	0,15	0,053
		макс	0,2	0,9	0,8	0,5	0,7	1,8	1	3	0,3	20	0,9
		коэф вар, %	55	76	43	56	53	71	53	57	66	67	47
		n	205	204	205	195	205	202	202	205	203	205	205
	F-расч/F-крит		10>1.2	1.6>1.2	1.2>1.2	8.4>1.3	1.7>1.2	3.1>1.3	16>1.3	1.1<1.3	3.6>1.3	1.6>1.3	1.4>1.3
	t-расч/t-крит		2.8>1.97	7.6>1.97	2.8>1.97	8.3>1.97	6.7>1.97	6.7>1.97	6.9>1.97	1<1.97	11.1>1.97	0.1<1.97	2.5>1.97
			Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	V
Иллювиальные горизонты	Нарушенные участки	средн	0,07	0,09	0,22	0,4	0,2	0,3	0,5	0,5	0,07	2,5	0,6
		мин	0,003	0,006	0,014	0,005	0,005	0,01	0,01	0,015	0,001	0,15	0,073
		макс	0,5	0,5	0,6	1,7	0,8	1	1,8	3	0,3	16	2,5
		коэф вар, %	105	82	59	96	87	85	83	95	82	83	75
		n	169	157	163	167	169	164	169	166	167	169	149
	Фоновые участки	средн	0,09	0,14	0,32	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,10	2,4	0,7
		мин	0,002	0,003	0,008	0,01	0,003	0,01	0,01	0,05	0,005	0,15	0,05
		макс	0,2	0,44	0,8	1	1,5	1	1,4	6	0,2	11	1,3
		коэф вар, %	48	69	50	73	69	76	56	83	53	58	51
		n	176	186	192	190	192	192	192	192	192	192	182
	F-расч/F-крит		3.2>1.3	1.7>1.3	1.5>1.3	2.4>1.3	1.1<1.3	1.2<1.3	1.7>1.3	1.7>1.3	1.2<1.3	2.3>1.3	2.1>1.3
	t-расч/t-крит		2.4>1.97	5.3>1.97	6.6>1.97	1.7<1.97	3.2>1.97	2.5>1.97	1.8<1.97	4.3>1.97	5>1.97	0.8<1.97	0.2>1.97

Анализ средних концентраций НУ и микроэлементов в почвах фоновых и нарушенных территорий (табл. 4.21 и 4.22) позволяет выделить несколько загрязняющих веществ, увеличение содержания которых, может быть связано антропогенным воздействием при освоении месторождений. В аккумулятивных горизонтах почв нарушенных территорий достоверно увеличиваются концентрации НУ, Ba, Cu и Pb. В иллювиальных горизонтах отмечается только значимое повышение содержания НУ. В целом стоит отметить, что на нарушенных территориях увеличиваются коэффициенты вариации содержания НУ и почти всех ТМ в аккумулятивных горизонтах, за исключением Zn, Ni и Co. Максимальным разбросом значений в обоих горизонтах почв нарушенных территорий характеризуются НУ и Ba.

Таблица 4.21

Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Ас в аккумулятивных горизонтах почв антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/кг)

		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки	средн	741	67	115	25	8	7	3	10	0,27	6	0,061	0,85	5
	мин	11	3	6	5	1	1	0,5	1	0,05	1	0,007	0,22	1
	макс	7644	2303	888	60	31	19	10	50	1	29	0,280	2,5	14
	коэф вар, %	132	231	119	45	104	58	65	106	57	88	84	52	59
	n	239	240	234	237	237	233	209	226	217	230	230	203	199
Фоновые участки	средн	230	39	230	28	4	10	5	5	0,25	15	0,061	0,73	5
	мин	6	2	2	3	0,1	1	0,1	0,7	0,02	1	0,002	0,10	0,8
	макс	498	112	776	61	10	26	18	10	0,59	40	0,200	1,50	13
	коэф вар, %	59	55	76	43	56	53	70	53	57	66	67	48	47
	n	171	206	205	206	196	206	203	203	206	204	206	202	206
F-расч/F-крит		52>1.3	51>1.2	1.6>1.2	1.16<1.2	8.3>1.3	1.7>1.2	3.1>1.3	16>1.3	1.1<1.3	3.6>1.3	1.6>1.3	1.6>1.3	1.2<1.3
t-расч/t-крит		7.9>1.97	2.8>1.97	7.6>1.97	2.7>1.97	8.3>1.97	6.7>1.97	6.8>1.97	6.9>1.97	1.1<1.97	12>1.97	0.12<1.97	1.3<1.97	2.6>1.97

Таблица 4.22

Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Ас в иллювиальных горизонтах почв антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/кг)

		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки	средн	179	37	78	18	8	8	3	5	0,10	11	0,025	0,90	10
	мин	10	1,4	5	1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,00	0,1	0,002	0,01	1
	макс	2330	252	430	49	33	30	10	18	0,60	39	0,160	3,00	38
	коэф вар, %	189	105	82	59	96	67	85	83	95	82	83	75	75
	n	147	169	158	163	167	169	164	169	166	167	169	148	149
Фоновые участки	средн	13	45	121	26	5	11	4	5	0,15	15	0,024	1,07	10
	мин	2	0,8	2	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,01	1	0,002	0,10	0,8
	макс	70	90	377	60	44	60	10	14	1,20	34	0,107	4,60	20
	коэф вар, %	81	49	69	50	63	69	76	56	83	53	58	67	51
	n	178	177	187	193	191	193	193	193	193	193	193	189	183
F-расч/F-крит		989>1.3	3.2>1.3	1.7>1.3	1.5>1.3	2.4>1.3	1.1<1.3	1.2<1.3	1.7>1.3	1.7>1.3	1.2<1.3	2.3>1.3	3>1.3	2.1>1.3
t-расч/t-крит		5.9>1.98	2.3>1.97	5.4>1.97	6.7>1.97	1.9<1.97	3.2>1.97	2.6>1.97	1.9<1.97	4.2>1.97	4.9>1.97	0.8<1.97	0.3<1.97	0.2<1.97

Для достоверной оценки факторов, влияющих на содержание поллютантов в почвенном покрове исследованной территории, проведена статистическая обработка полученных выборок (кластерный и факторный анализы). Анализ иерархической структуры, полученной по результату кластерного анализа содержания НУ, ТМ и Ас, позволяет выделить две группы элементов по изменению их концентраций в горизонтах почв (см. прил. рис. 21).

В аккумулятивных горизонтах первая группа, включающая Hg, As, Pb, Cu, Ba и НУ, может быть связана как с антропогенным загрязнением, так и с аккумуляцией данных веществ в торфяных почвах в фоновых условиях. В этой группе четко выделяется подгруппа с наиболее тесными связями, образованная Ba и Cu, содержание которых, в органогенных горизонтах обусловлено антропогенным загрязнением.

Вторая группа включает в себя Zn, Cd, Cr, V, Co и Ni. Она не имеет четкой иерархической структуры, что определяется влиянием различных природных факторов аккумуляции данных ТМ (механический состав почв, наличие гумусовых веществ, влияние подстилающих пород). Обособленно находится Mn, поведение которого в органогенных горизонтах может существенно меняться в зависимости от ландшафтно-геохимических условий.

В иллювиальных горизонтах нет четкого деления на группы, что обусловлено осо-

бенностью литогеохимических условий исследованной территории. Определяющим иерархическую структуру являются Cd, отражающий влияние литогенного фактора на формирование химического состава почв, и НУ, связанные как с антропогенным загрязнением, так и с природными процессами (торфообразованием и разложением органического вещества). Иерархическая структура в иллювиальных горизонтах почв имеет сходное строение с иерархической структурой микроэлементного состава донных отложений исследованной территории.

Для определения основных процессов, которые влияют на химический состав почвенного покрова исследованной территории, проведен факторный анализ содержания микроэлементов и НУ в аккумулятивных и иллювиальных горизонтах почв (см. прил. табл. 30).

Первый фактор в почвах является природным азональным и определяет химический состав почв в зависимости от состава почвообразующих пород. Вес первого фактора выше в иллювиальных горизонтах. Отрицательные его нагрузки определены в минеральных почвах со слабо развитыми аккумулятивными

$$\text{F I } 24\% \frac{\text{Ni}_{76} \text{Co}_{74} \text{Mn}_{65} \text{Cr}_{63} \text{Zn}_{60} \text{V}_{54} \text{As}_{35} \text{Hg}_{31} \text{Cd}_{31}}{\text{иллювиальные (минеральные) горизонты}}$$

$$\text{F I } 39\% \frac{\text{Ni}_{84} \text{Cr}_{80} \text{Pb}_{75} \text{Co}_{75} \text{Zn}_{73} \text{V}_{67} \text{Ba}_{66} \text{Mn}_{65} \text{Cu}_{57} \text{As}_{40}}{\text{аккумулятивные (органогенные) горизонты}}$$

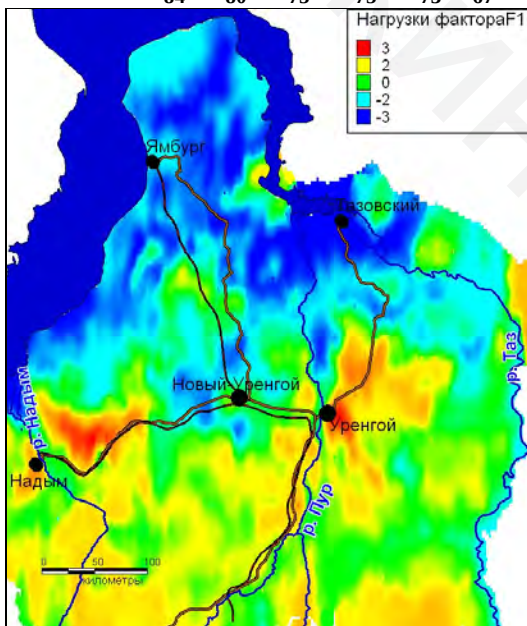


Рис. 4.48. Распределение нагрузок фактора F1 в аккумулятивных горизонтах почв исследованной территории (метод интерполяции IDW)

Антропогенные процессы выражены в основном в аккумулятивных горизонтах почв, а в иллювиальных ведущими факторами формирования химического состава выступают: механический состав почвенного горизонта и характеристики почвообразующих пород.

Второй фактор в обобщенной выборке интерпретируется как антропогенный,

$$\text{F II } 15\% \frac{\text{Cr}_{35}}{\text{Cu}_{65} \text{Pb}_{64} \text{As}_{59} \text{Ba}_{52} \text{НУ}_{49} \text{Hg}_{33}} \text{аккумулятивные (органогенные) горизонты}$$

$$\text{F II } 13\% \frac{\text{V}_{40} \text{Ba}_{35} \text{As}_{31}}{\text{Hg}_{78} \text{Cu}_{51} \text{НУ}_{55}} \text{иллювиальные (минеральные) горизонты}$$

ными горизонтами. Максимальные положительные нагрузки проявляются в торфяных и торфяно-глеевых почвах с хорошо развитыми торфяными слоями. Микроэлементный состав этих почв определяется геохимическими условиями образования металлоорганических комплексов. При анализе пространственного распределения значений фактора хорошо видна зависимость компонента от природных ландшафтно-геохимических условий (рис. 4.48).

Парагенезисы остальных факторов имеют существенные различия для аккумулятивных и иллювиальных горизонтов почв.

Компонент связан с загрязнением почв в районах проведения буровых работ и обустройства месторождений. Максимальное его проявление отмечается в районах интенсивного освоения месторождений (вблизи кустовых площадок, участков проведения буровых работ, отсыпных дорог, трубопроводов). Положительные нагрузки фактора в аккумулятивных горизонтах зафиксированы во всех типах почв. Отрицательные отмечены только в легких по механическому составу почвах фоновых территорий. В иллювиальных горизонтах фактор имеет несколько иную структуру, которая в большей степени зависит от влияния подстилающих пород и механического состава почв. Положительные нагрузки отмечаются в супесчаных и песчаных почвах с хорошо развитыми органогенными горизонтами. Отрицательные связаны с антропогенным загрязнением, определены только в торфяных и торфяно-глеевых суглинистых почвах.

Третий фактор в аккумулятивных горизонтах почв является антропогенным и обусловлен поверхностным загрязнением $F_{III} 10\% \frac{Hg_{73}Cu_{43}}{V_{49}Pb_{38}}$ при проведении буровых работ. На таких участках отмечается значительная степень нарушенности, большое количество производственного мусора, остатков буровых растворов и шлама.

Третий фактор в иллювиальных горизонтах и четвертый в аккумулятивных горизонтах являются природными, обусловленными механическим составом почвообразующих пород. Их можно отнести к зонально-азональным (рис. 4.49). В целом, компонент можно охарактеризовать, как отвечающий за особенности содержания Cd в тяжелых по мехсоставу почвах.

аккумулятивные (органогенные) горизонты иллювиальные (минеральные) горизонты

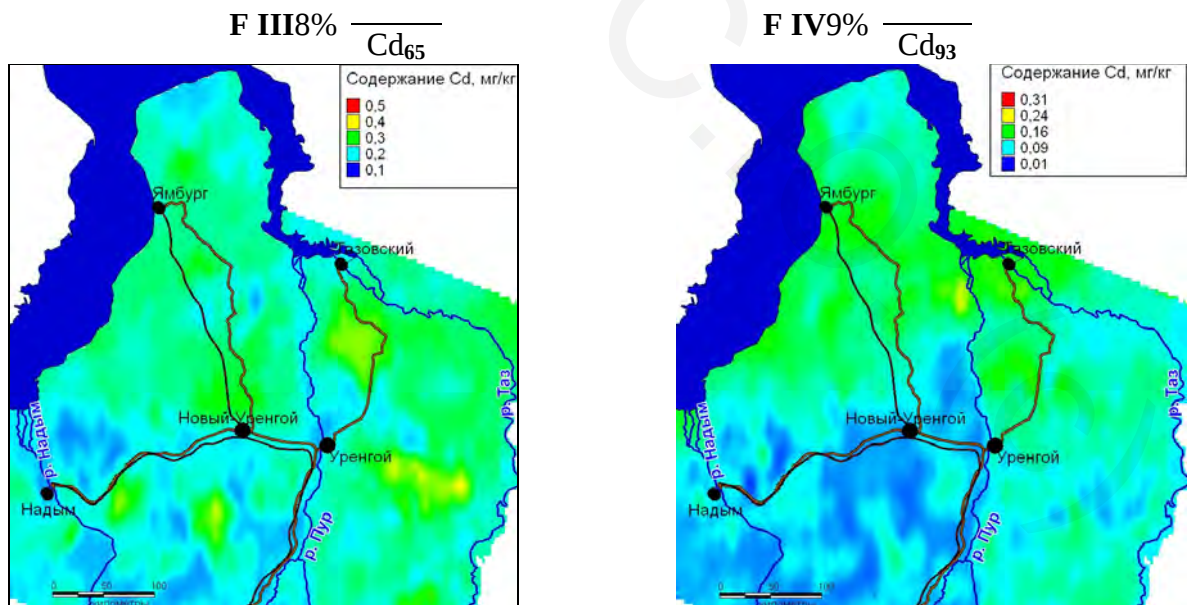


Рис. 4.49. Распределение Cd в почвах исследованной территории (метод интерполяции IDW)

Отрицательные нагрузки выявлены в тундрово-глеевых суглинистых почвах и подзолах иллювиально-гумусовых суглинистых. Положительные проявляются в тундрово-глеевых почвах на легких по механическому составу отложениях со слабо развитыми аккумулятивными органо-генными горизонтами, а также в аллювиально-слоистых почвах речных долин.

Четвертый фактор в иллювиальных горизонтах выделяется как антропогенный, связанный с загрязнением почв в районах проведения поисково-оценочного бурения в прошлом. Он обусловлен поступлением загрязняющих веществ в нижележащие горизонты почв вследствие стародавнего загрязнения. Парагенезис имеет положительные нагрузки рядом со старыми площадками разведочного бурения (геологоразведочные скважины, площадки размещения жилых вагончиков и техники). Иллювиальные горизонты почв характеризуются повышенным содержанием НУ, при этом в поверхностных горизонтах содержание НУ либо незначительно повышено, либо концентрации ниже, чем в иллювиальных (табл. 4.23). Такое распределение связано с миграцией загрязняющих веществ из поверхностных горизонтов почв в нижележащие слои в течение времени прошедшего после антропогенного загрязнения территории при геологоразведочных работах в прошлом.

FIV8% $\frac{НУ_{59} As_{50}}{}$

Таблица 4.23

Максимальные нагрузки фактора F-IV и содержание НУ в почвах

Местонахождение	ПТК	F IV	аккумулятив	иллюв
Юрхаровский ЛУ				
Бывшая площадка размещения геологоразведочного лагеря	Пятнистая мелкопочковатая кустарничково-лишайниковая тундра	3	2408	2330
Участки проведения геологоразведочных работ	Среднепочковатая кустарничково-осоковая тундра с ерником в нижней части склона.	1.2	140	838
Участки проведения геологоразведочных работ	Ерниково-ивняковые заросли в пойме реки.	0.9	236	408
Западно-Яростинский ЛУ				
Площадка разведочной скв. Р-402	Сочетание березняка войничкового по долине ручья и ивняка разнотравно-осокового	2	974	1062
Берег озера	Кустарничково-сфагново-лишайниковый торфяник	2	4752	1930
Площадка разведочной скв. Р-401	Полигональная кустарничково-мохово-лишайниковая тундра	1	2980	760
Площадка разведочной скв. Р-413	Мелкопочковатая кустарничково-сфагново-лишайниковая тундра	0.7	1848	550
Кытско-Часельский ЛУ				
Площадка разведочной скв. Р-191	Плоский торфяник багульниково-лишайниковый	0.7	770	640
Самбургский ЛУ				
Площадка разведочной скв. Р-196	Ерник кустарничково-моховой	0.6	388	472
площадка разведочной скв. Р-207	Кочковатый войничковый луг (вторичное олуговение)	0.7	565	621
Площадка разведочной скв. Р-206	Торфяник мелкопочковатый лишайниково-осоково-моховой	0.5	1396	357

Пятый фактор относится к природным. Он связан с особенностями накопления поллю-
аккумулятивные (органогенные) горизонты *иллювиальные (минеральные) горизонты*
FV7% $\frac{НУ_{43} Zn_{43} Cr_{41}}{Cd_{52} Cu_{35}}$ **F V**6% $\frac{Mn_{38} НУ_{32}}{Cu_{48} Cd_{38}}$
 тантов в различных типах почв. Положительные нагрузки фактор имеет в тяжелых по механическому составу торфянисто-перегнойных почвах и глееземах торфянистых. Он проявляется в аккумулятивных горизонтах почв только с глубоким уровнем сезонной оттайки. Отрицательные нагрузки фактора определены в аллювиально-болотных почвах на легких по механическому составу почвообразующих породах.

Шестой фактор - антропогенный, связан с загрязнением почв в районах освоения месторождений. Положительные и отрицательные нагрузки компонента отмечаются в почвах площадок, расположенных рядом с объектами инфраструктуры месторождений, в независимости от типа почв.

аккумулятивные (органогенные) горизонты

$$FVI6\% \frac{Ba_{70}}{HY_{32}V_{30}Cu_{27}}$$

иллювиальные (минеральные) горизонты

$$FVI5\% \frac{Hg_{34}As_{30}}{Pb_{37}HY_{27}Cu_{27}}$$

Седьмой фактор отражает особенности накопления ТМ в почвах высоких и низких пойм речных долин. Отрицательные его нагрузки отмечены в торфянисто-перегнойных почвах и глееземах торфянистых суглинистых. Положительные значения фактора проявляются в легких по механическому составу аллювиально-слоистых почвах.

аккумулятивные (органогенные) горизонты

$$FVII6\% \frac{Zn_{49}}{HY_{47}Mn_{38}Co_{31}}$$

иллювиальные (минеральные) горизонты

$$FVII4\% \frac{Ni_{26}}{V_{39}Cu_{28}Hg_{27}}$$

Восьмой фактор относится к природным и связан с различием в накопление микроэлементов в торфяных и минеральных почвах. Положительные нагрузки отмечаются в торфяных,

аккумулятивные (органогенные) горизонты

$$FVIII5\% \frac{Mn_{34}}{Cr_{32}}$$

иллювиальные (минеральные) горизонты

$$FVIII4\% \frac{Zn_{24}}{Ba_{47}}$$

торфяно-перегнойных почвах с хорошо развитыми органогенными горизонтами. Отрицательные значения он имеет в подзолистых супесчаных и легкосуглинистых почвах

Девятый и десятый факторы имеет низкую значимость и с высокой долей вероятности относятся к природным, обусловленным миграцией и аккумуляцией веществ в тундровых ПТК.

Таким образом, проведенные статистический анализ позволяет выделить ряд антропогенных и природных процессов, которые определяют содержание микроэлементов и НУ в почвенном покрове исследованной территории. Вес антропогенных факторов в аккумулятивных горизонтах несколько выше (рис. 4.50). Основным фактором, формирующим микроэлементный

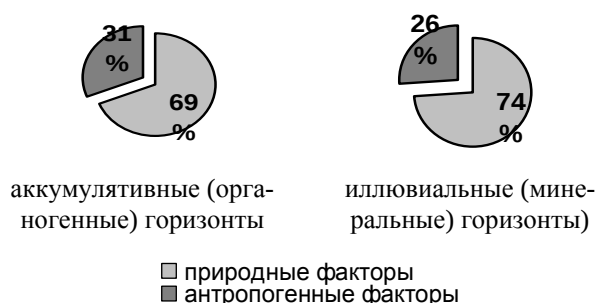


Рис. 4.50. Соотношение антропогенных и природных факторов, определяющих состав почв исследованной территории

состав почв исследованной территории, является породный, связанный с поступлением ТМ из почвообразующих пород (рис. 4.51). Вторым по весу стало формирования химического состава почв в зависимости от механического состава почвообразующих пород. Третьим определяющим природным процессом является азональный фактор, обуславливающий микроэлементный

состав, вследствие аккумуляции или миграции ТМ в зависимости от количества органического вещества.

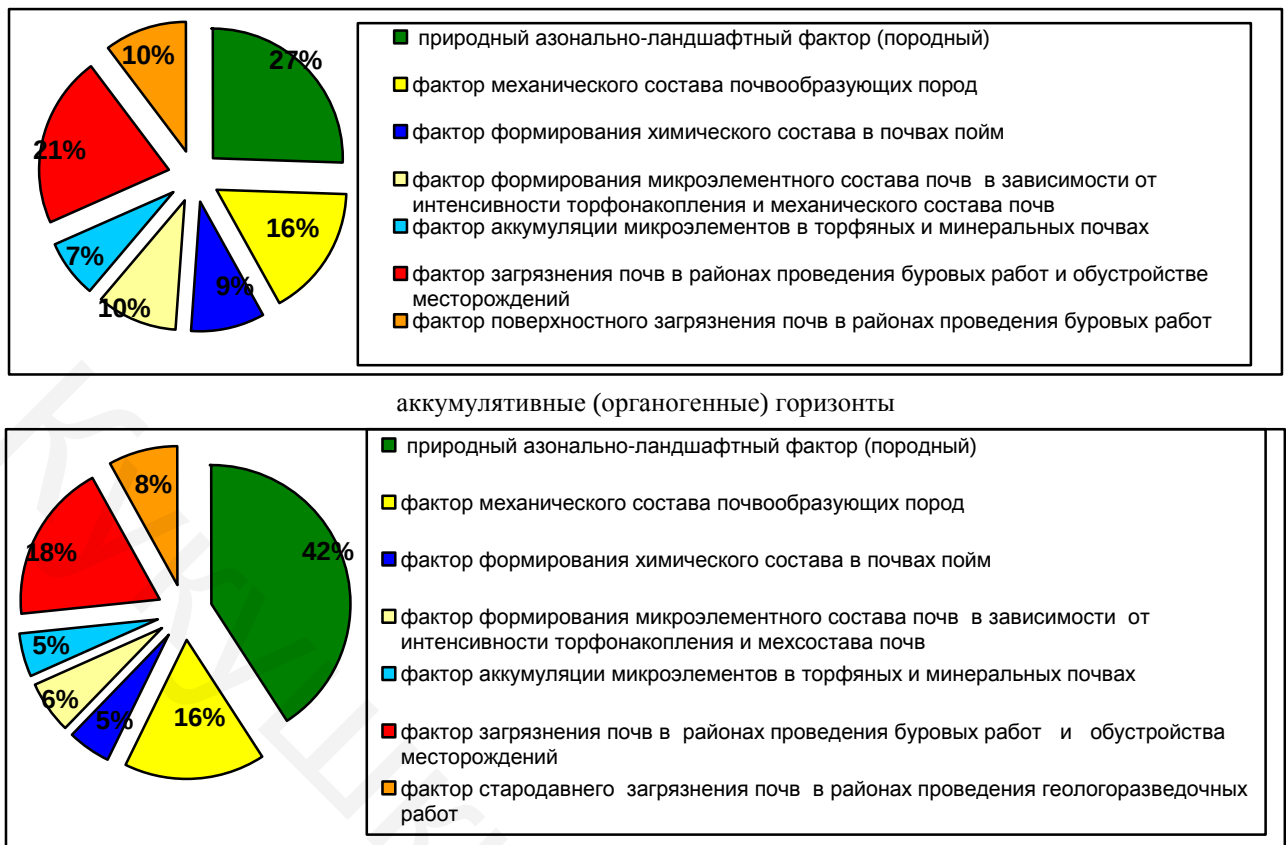


Рис. 4.51. Соотношение факторов, формирующих состав почв исследованной территории

Степень влияния антропогенеза на формирование химического состава почв исследованной территории значительно ниже, чем природных процессов. Ведущим техногенным фактором является загрязнение почв в районах проведения буровых работ и обустройства ЛУ. Нефтяное загрязнение имеет разное проявление в генетических горизонтах почв. В аккумулятивных горизонтах выделяется фактор поверхностного загрязнения, а в иллювиальных - стародавнего загрязнения вследствие проведения геологоразведочных работ в прошлом. Основными индикаторами антропогенного загрязнения служат Ва, Сu, Pb, НУ и нафталин.

Проведенный анализ содержания НУ и микроэлементов в почвах исследованной территории, позволяет сделать следующие выводы:

- микроэлементный состав почв Надым-Пур-Тазовского междуречья характеризуется низкими концентрациями ТМ;
- на химический состав почв как фоновых, так и нарушенных территорий основное влияние оказывают природные факторы: состав почвообразующих пород и механический состав почв;
- в целом, уровень антропогенного загрязнения почв ЛУ незначителен. Оно проявляется крайне локально и основными источниками загрязняющих веществ на территории ЛУ являются кустовые площадки и площадки разведочных скважин;
- техногенное воздействие при освоении месторождений, в основном, характеризуется

поверхностным загрязнением почв и сопровождается достоверным увеличением концентраций и аккумуляцией в органогенных горизонтах Cu, Pb, Ba, HУ;

- увеличение концентрации HУ только в иллювиальных горизонтах почв связано со стародавним загрязнением при проведении поисково-оценочного бурения в прошлом.

Таки образом, наиболее достоверными индикаторами антропогенной нагрузки при освоении месторождений можно считать увеличение концентраций Cu, Pb, Ba и HУ, преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина, а так же изменение кларков концентраций остальных микроэлементов.

4.3. Загрязняющие вещества в индикаторных видах растений

Основные пути поступления загрязняющих веществ в растительный покров исследованной территории крайне разнообразны. Можно выделить локальные источники антропогенного воздействия, региональные и глобальные (Московченко, Валеева, 2011; Московченко и др., 2011; Опекунов и др., 2012). К локальным источникам, оказывающим воздействие на растительность Надым-Пур-Тазовского междуречья, относятся: кустовые площадки, участки буровых работ, производственные площадки и другие объекты инфраструктуры промыслов (Дьяконов, 1998; Солнцева, 1998; Московченко, 1998, 2010, Сысо и др., 2001; Московченко, Валеева, 2011; Московченко и др., 2011, Опекунов и др., 2012; Капелькина, 2014; Опекунова и др., 2015). На региональном и глобальном уровнях антропогенная нагрузка на растительный покров связана с функционированием производственных объектов ЯНАО (заводы первичной переработки газоконденсата и нефти, компрессорные станции и др.) и влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ от производственных объектов Кольского п-ова, Южного и Среднего Урала, Норильского комбината, юга Западной Сибири и др. (Дьяконов, 1998; Солнцева, 1998; Елин, 2000; Смоляков, 2000; Московченко, Валеева, 2011; Московченко и др., 2011, Опекунов и др., 2012; Опекунова, 2013).

Растительный и почвенный покровы исследованной территории характеризуются сложным комплексным и мозаичным строением, что обуславливает контрастность ландшафтно-геохимических условий формирования химического состава растений. Анализ содержания микроэлементов в индикаторных видах растений позволяет оценить антропогенные и природные факторы, определяющие химический состав растительного покрова ЛУ нефтегазоконденсатных месторождений Надым-Пур-Тазовского междуречья.

Рассматривая микроэлементный состав индикаторных видов растений ЛУ исследованной территории, необходимо отметить относительно низкую вариабельность содержания ТМ в кустарничках *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idea*, *Vaccinium uliginosum*, за исключением Cr и значительную изменчивость концентрации в лишайниках *Cladonia alpestris* (табл. 4.24).

Таблица 4.24

Статистические показатели содержания ТМ и As в индикаторных видах растений
исследованной территории, мг/кг сухого вещества

		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Лишайник <i>Cladonia alpestris</i>	средн	13	69	17	5	1,7	0,4	2,2	0,10	1,8	0,019	0,18	1,1
	мин	0,6	0,2	8	0,3	0,1	0,05	0,02	0,003	0,1	0,0001	0,06	0,3
	макс	179	1159	141	25	15,2	9,6	6,2	0,45	20,1	0,070	0,40	7,2
	коэф.вар,%	135	107	59	114	113	219	61	74	174	60	48	108
	n	313	313	313	313	313	313	313	313	313	164	164	313
Багульник <i>Ledum decumbens</i>	средн	110	1165	29	7	2,3	0,2	1,1	0,08	1,0	0,018	<1	0,6
	мин	9	17	12	1	0,3	0,04	0,1	0,01	0,1	0,0003	<1	0,3
	макс	247	2882	87	26	9,5	1,3	8,0	0,70	7,4	0,100	<1	1,8
	коэф.вар,%	44	42	34	72	66	76	93	113	125	77		62
	n	450	450	450	450	450	450	450	450	450	295	295	450
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	средн	72	1447	27	7	0,9	0,12	0,7	0,04	0,4	0,016	<0,1	<0,3
	мин	13	229	12	2	0,1	0,03	0,1	0,01	0,0	0,001	<0,1	<0,3
	макс	179	3491	73	27	7,2	0,50	5,20	0,19	3,0	0,025	<0,1	<0,3
	коэф.вар,%	44	34	27	59	106	64	122	91	109	35		
	n	206	206	206	206	206	206	206	206	206	147	147	206
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	средн	94	1067	40	7	2,8	0,1	1,4	0,18	0,6	0,018	<0,1	<0,3
	мин	13	168	20	3	0,5	0,1	0,2	0,06	0,2	0,009	<0,1	<0,3
	макс	191	1780	35	21	6,0	0,3	5,3	0,40	1,0	0,032	<0,1	<0,3
	коэф.вар,%	34	30	23	42	51	25	84	40	43	30		
	n	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Кларк растений суши (Добровольский, 2003)		22,5	205	30	8	2	0,5	1,25	0,035	1,8	н/д	н/д	1,5

Различия в вариабельности содержания микроэлементов в лишайниках и кустарничках связано с многообразием источников поступления веществ в растения. Химический состав лишайников во многом определяется эмиссией элементов в ткани за счет осаждения твердых частиц из атмосферного воздуха (Загрязнение..., 1988; Seaward, 1992; Опекунова, 2016). Содержание микроэлементов в кустарничках, наоборот, в основном, обусловлено химизмом почв (Раменская, 1974, Опекунова и др., 1998; Добровольский, 2003; Опекунова, 2016). Ландшафтно-геохимические условия исследованной территории определяют аккумуляцию в кустарничках Ba, Mn и Zn, что и обуславливает крайне низкую и практически одинаковую изменчивость содержания этих ТМ в багульнике, голубике и бруснике. Концентрации остальных микроэлементов характеризуются более высоким разбросом значений и уровни содержания их в кустарничках определяются контрастностью литогеохимических условий почвенного покрова.

Анализ химического состава изученных видов растений свидетельствуют о том, что кустарнички характеризуются низким содержанием Ni, Pb и Cr по сравнению с кларком по В.В. Добровольскому (2003). Концентрации Co, Zn, Cu и V в них близки к кларку, а Ba, Cd, Hg и Mn в 1,5-5 раз превышают его (см. табл. 4.24). Лишайник отличается крайне низким содержанием всех изученных микроэлементов. Однако только в лишайниках определены концентрации As на уровне значимых значений. В кустарничках его содержания ниже предела чувствительности (<0,1 мг/кг).

Для более точной оценки особенностей накоплений микроэлементов в зависимости от

вида рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (Кб) (см. прил. табл. 31). В целом изученные растения характеризуются низкими средними значениями Кб по сравнению с Кб растений суши и растений севера Западной Сибири. Исключение составляет Кб Мп в кустарничках, достигающий 50, что хорошо соотносится с известным положением об избирательности поглощения Мп растениями этой группы. Кустарнички являются привычными концентраторами Мп (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Добровольский, 1983, 2003; Алексеева-Попова, 1991, 2005; Опекунова, 2013 и др.), а сам Мп, обладающий высокой биогеохимической активностью, играет значительную роль в тундровом биогеохимическом круговороте (Московченко и др., 2011). При этом все Кб характеризуются крайне высокой вариабельностью значений, за исключением Zn, что связано с контрастными ландшафтно-геохимическими условиями тундровых ПТК, а также влиянием техногенеза.

Анализ полученных результатов, позволяет разделить изученные ТМ по величинам Кб на две группы: металлы, Кб которых больше 1 (Мп, Zn, Cu) и металлы с Кб меньше 1 (Ni, Co, Pb, Cd, Cr) во всех индикаторных видах растений.

Лишайник *Cladonia alpestris*

Mn(1,3)>Cu(1,1)>Zn(1,0)>Cd(0,5)-Hg(0,5)>Ni(0,4)-Pb(0,4)>Ba(0,25)>Co(0,2)-Cr(0,2)-As(0,2)>V(0,1)

Багульник *Ledum decumbens*

Mn(23,5)>Ba(3,0)>Cu(1,8)>Zn(1,4)>Ni(0,4)-Pb(0,4)-Cd(0,4)-Hg(0,4)>Co(0,1)-Cr(0,1)-V(0,1)

Брусника *Vaccinium vitis-idaea*

Mn(21,1)>Cu(2,2)>Ba(2,0)>Zn(1,2)>Hg(0,3)>Cd(0,2)>Ni(0,1)-Co(0,1)-Pb(0,1)-Cr(0,1)

Голубика *Vaccinium uliginosum*

Mn(17,0)>Ba(2,8)>Zn(2,1)-Cu(2,1)>Cd(1,3)>Pb(0,9)>Hg(0,5)>Ni(0,4)>Co(0,1)-Cr(0,1)

Отдельно стоит выделить Ba, для которого Кб только в лишайнике существенно меньше 1.

Кустарнички на исследованной территории более интенсивно аккумулируют Мп, Zn, и Cu, чем лишайники (рис. 4.52).

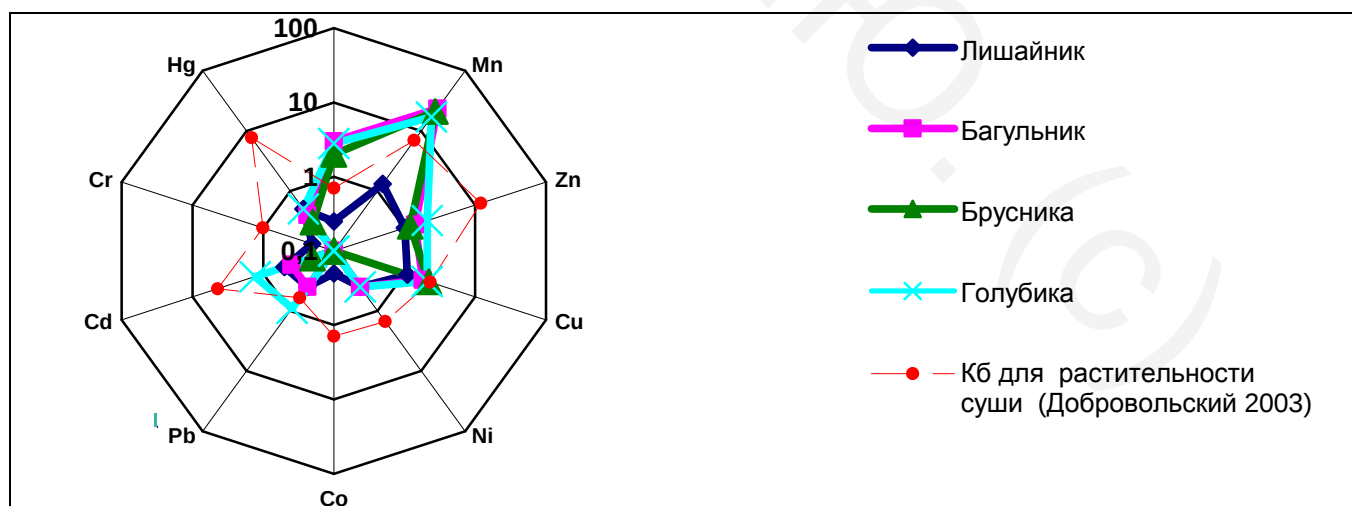


Рис. 4.52. Среднее значение Кб для индикаторных видов растений исследованной территории

В целом содержание ТМ в индикаторных видах растений исследованной территории (2003-2014 гг.) характерно для районов севера Западной Сибири (Хренов, 1993; Опекунова и др., 1998; Валеева, Московченко, 2000, 2001, 2002; Евсеев, 2003, 2006; Московченко и др., 2011;

Опекунов и др., 2012; Шепелева и др., 2013; Опекунова и др., 2015; и др.). Однако, определен существенный разброс значений по растениям ЛУ (см. прил. табл. 32).

Высокая вариабельность средних концентраций микроэлементов в растениях ЛУ исследованной территории обусловлена различными факторами: биологическими особенностями растений (в том числе фенологической фазой), особенностями почвенного и растительного покровов, уровнем и характером антропогенной нагрузки.

Содержание микроэлементов в растениях меняется в течение вегетационного периода. Наибольшие изменения химического состава отмечается в вечнозеленых кустарничках багульнике *Ledum decumbens* и бруснике *Vaccinium vitis-idaea*, минимальные в листопадном - голубике *Vaccinium uliginosum*, у которой зависимость содержания ТМ от фенологического состояния выражена незначительно (табл. 4.25). Такие отличия содержания микроэлементов в тканях растений связаны с видовыми особенностями индикаторных видов растений.

Таблица 4.25

Среднее содержание микроэлементов в индикаторных видах растений по месяцам,
мг/кг сухого вещества

вид	месяц	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Лишайник <i>Cladonia alpestris</i>	июнь	3	71	14	2	1,1	0,5	2,4	0,10	0,4	0,008	0,1	1,2
	июль	8	89	20	5	1,4	0,2	1,7	0,07	0,3	0,026	0,1	0,3
	август	6	73	18	5	0,6	0,1	1,4	0,07	0,4	0,025	0,14	0,4
	сентябрь	7	61	17	7	0,9	0,2	2,2	0,11	0,5	0,020	0,13	0,3
Багульник <i>Ledum decumbens</i>	июнь	92	1522	18	4	3,5	0,2	0,8	0,02	0,8	0,002	<0.1	0,5
	июль	99	1264	35	7	2,3	0,2	1,9	0,14	0,5	0,015		0,9
	август	149	1173	34	8	2,3	0,1	0,7	0,09	0,5	0,021		0,3
	сентябрь	136	1062	30	6	1,6	0,1	0,7	0,05	0,6	0,034		0,3
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	июнь	56	1792	18	3	2,1	0,1	0,2	0,01	0,5	0,001	<0.1	<0.3
	июль	77	1583	29	9	0,9	0,1	0,4	0,05	0,3	0,018		
	сентябрь	58	1380	27	6	0,7	0,1	0,5	0,03	0,3	0,016		
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	июнь	91	1208	55	9	3	0,2	0,5	0,17	0,6	0,016	<0.1	<0.3
	июль	100	988	46	5	2	0,1	2,1	0,23	0,5	0,019		
	август	90	1272	54	10	4	0,2	0,5	0,19	0,6	0,017		

В период максимальной биологической активности (вторая половина июля, начало августа) в растениях отмечается увеличение концентрации ТМ в тканях растений. Накопление Мп зависит от режима увлажнения территории. Как показали исследования, Мп интенсивней накапливается в месяцы с максимальной водонасыщенностью почв. Территория Надым-Пур-Тазовского междуречья характеризуется резким увеличением степени обводненности территории в период после интенсивного таяния снега в первой половине июня (Атлас., 2004). Как было сказано выше, Мп на исследованной территории характеризуется повышенной геохимической активностью. При увеличении содержания влаги в органогенных почвах происходит интенсивное поступление Мп в кустарнички. Содержание остальных элементов, которые обладают низким биологическим накоплением в индикаторных видах растений, в зависимости от фаз вегетации изменяются крайне незначительно. Вместе с тем в багульнике наблюдается устойчивая тенденция взаимосвязи концентрации всех ТМ от месяца проведения исследований (рис. 4.53).

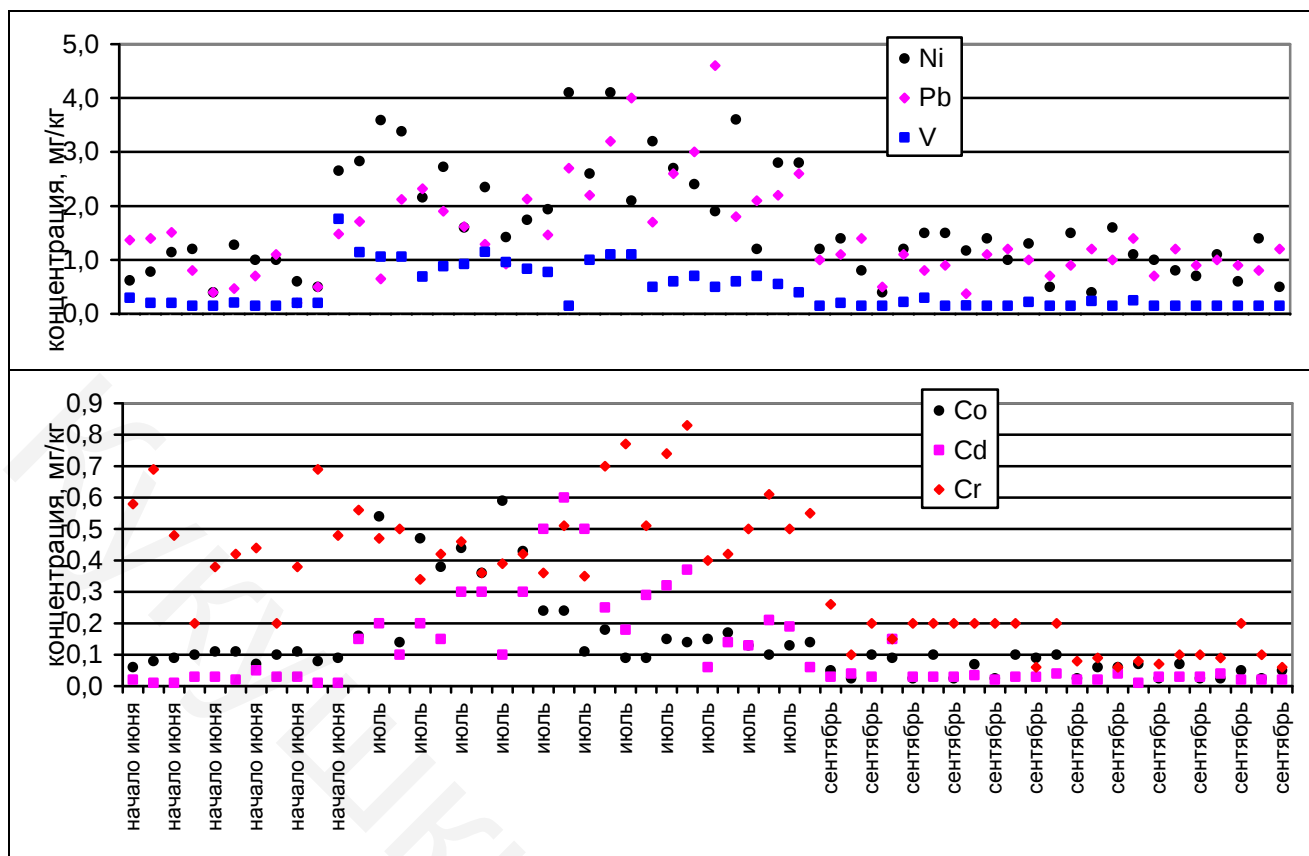


Рис. 4.53. Содержания ТМ в пробах багульника в различные сроки вегетационного периода

В зависимости от состава и структуры растительных сообществ содержание микроэлементов в индикаторных видах растений значительно меняется (см. прил. табл. 33). Максимальный разброс средних значений во всех индикаторных видах характерен для *Su*. В целом, кустарнички характеризуются более стабильным химическим составом, чем лишайники, что обусловлено биогеохимическими особенностями кустарничков и большей чувствительностью лишайников к антропогенному воздействию.

Минимальная изменчивость содержания ТМ в различных сообществах характерна для голубики, максимальная - для лишайников. По степени изменения концентрации ТМ индикаторные виды располагаются в ряд по убыванию: *лишайник* > *багульник* > *брусника* > *голубика*. Такой характер распределения связан с высокой реакцией лишайников и багульника на изменения условий среды. В ПТК севера Западной Сибири они являются крайне чувствительными к увеличению антропогенного воздействия, в отличие от голубики и брусники, которые обладают более стабильным микроэлементным составом и обычно реагируют только на сильное загрязнение почв (Опекунова и др., 1998, 2007, 2015; Опекунова, 2003, 2013, 2016).

Анализ Кб в зависимости от типа ПТК позволяет сделать выводы, что интенсивность поглощения ТМ растениями увеличивается в сообществах, формирующихся на тяжелых глеевых почвах с хорошо развитыми торфяными горизонтами (табл. 4.26). Наиболее интенсивное поступление Mn, Zn, Cu и Ba в растения определено на торфяно-глеевых и торфяно-болотных почвах, что является характерным для растений ландшафтов кислого глеевого класса (Глазов-

ская, 1988; Добровольский, 2003, Поляков 2008, Московченко и др., 2011). Это подтверждает анализ пространственного распределения значений Кб изученных индикаторных видов растений (рис 4.54).

Таблица 4.26

Среднее значение коэффициентов биологического поглощения (Кб) индикаторных видов растений на различных почвах исследованной территории

Вид растения	Тип почв	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg
Лишайник <i>Cladonia alpestris</i>	а	0,2	1	1	1	0,2	0,1	0,6	0,4	0,1	0,4
	б	0,4	2	1	2	0,4	0,2	0,6	0,7	0,3	0,5
	в	0,1	1	1	1	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5
Багульник <i>Ledum decumbens</i>	а	4	15	1	2	0,3	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4
	б	3	45	2	3	0,5	0,2	0,7	0,6	0,2	0,5
	в	1	32	1	1	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	а	2	13	1	2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3
	б	3	38	2	3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4
	в	1	24	1	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	а	3	6	2	3	0,4	0,1	0,2	1,3	0,1	0,5
	б	3	13	3	2	0,4	0,1	2,3	1,9	0,1	0,5
	в	2	11	2	1	0,3	0,1	0,5	0,7	0,1	0,4

а)- глееземы; б) - торфяно-болотные и торфяно-глеевые; в) - иллювально-гумусовые и железистые подзолы

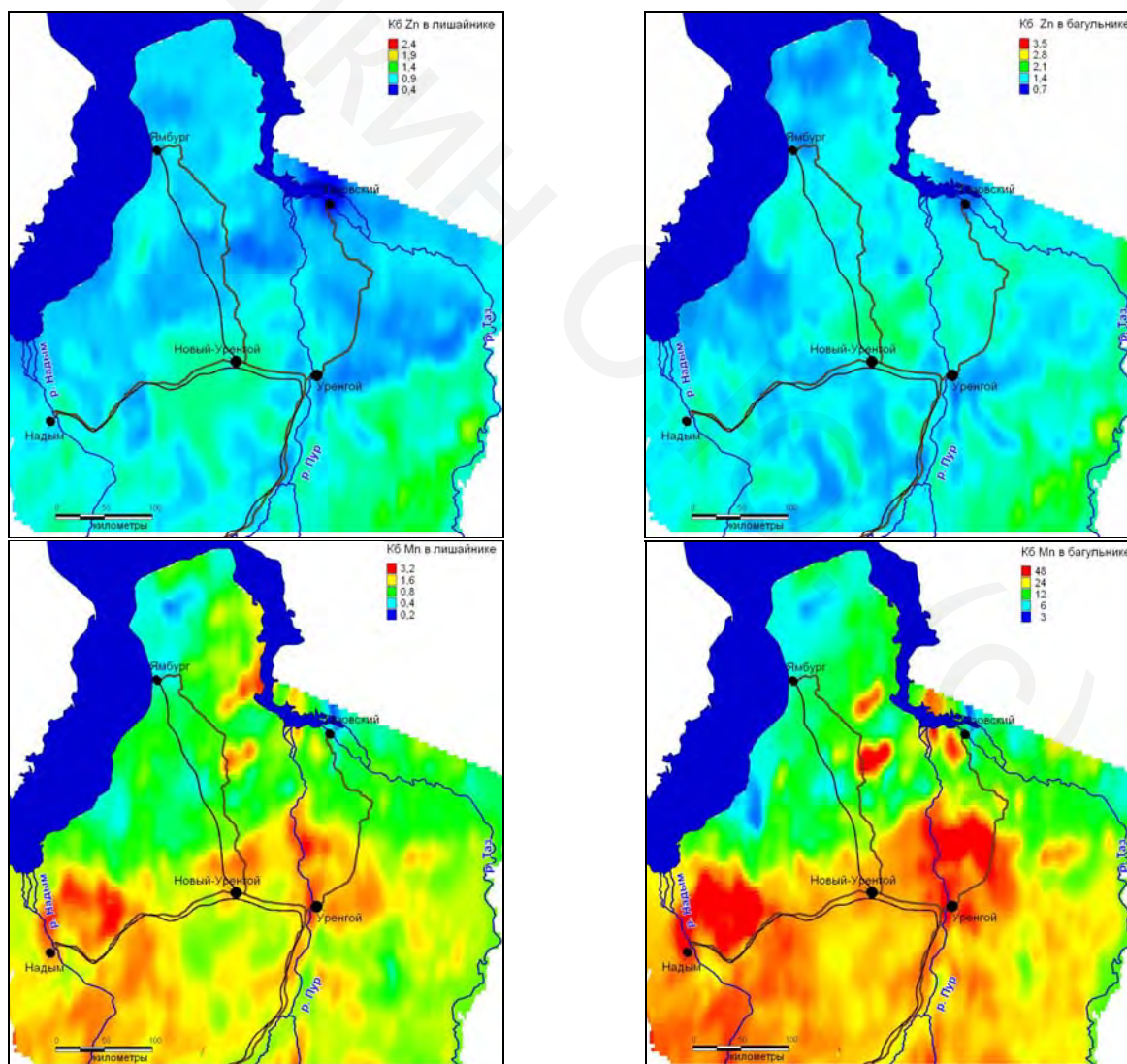


Рис. 4.54. Пространственное распределение значения Кб индикаторных видов растений на исследованной территории (метод интерполяции IDW)

Существенное влияние на содержание ТМ в растениях оказывают ландшафтно-геохимические особенности ПТК. В элювиальных фациях отмечается тенденция к накоплению в багульнике всех определяемых ТМ, за исключением Ni и Cr (рис. 4.55).

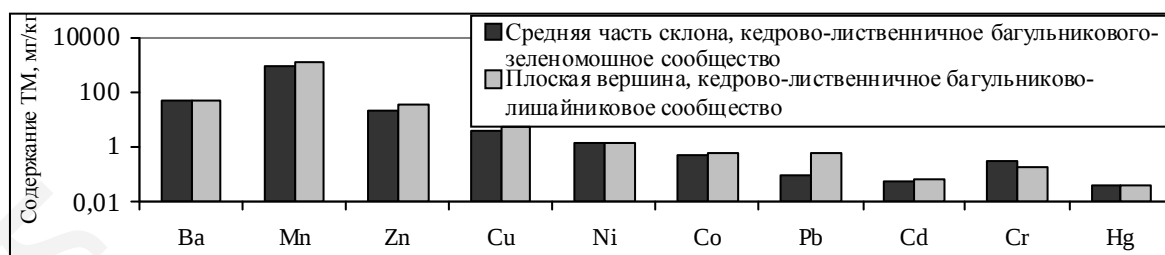


Рис. 4.55. Содержание ТМ в багульнике *Ledum decumbens* в сопряженных ПТК (Западно-Ярояхинский ЛУ)

Вместе с тем изменение концентрации ТМ в пробах брусники в структуре элементарного геохимического ландшафта практически отсутствует. Исключение составляют Mn и Ba, концентрации которых в элювиальных фациях возрастают в среднем с 25 до 42 мг/кг и 1500-1900 мг/кг соответственно (рис. 4.56). Причем содержания Mn в кустарничках местами превышают установленные средние величины, что обусловлено интенсивным его поступлением в растения.

Изменение содержания ТМ в лишайниках в сопряженных ПТК имеет обратную зависимость, по сравнению с брусникой и багульником (рис. 4.57). Отмечено снижение концентраций большинства изученных ТМ в лишайниках элювиальных фаций. Исключение составляет Pb и Cr, содержание которых незначительно увеличиваются в автономных условиях.

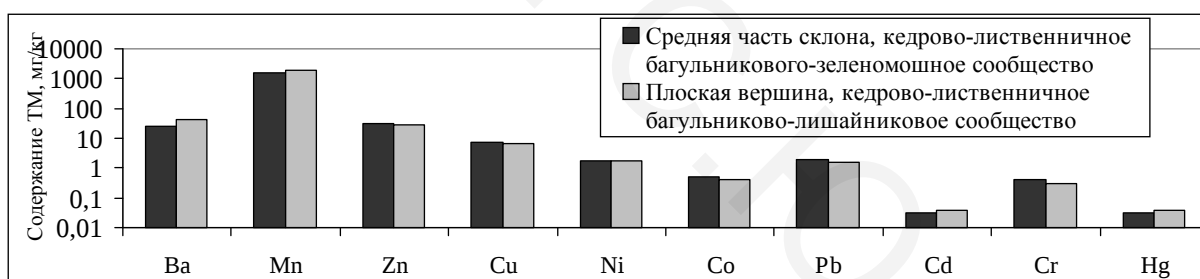


Рис. 4.56. Содержание ТМ в бруснике *Vaccinium vitis-idaea* на сопряженных ПТК (Западно-Ярояхинский ЛУ)

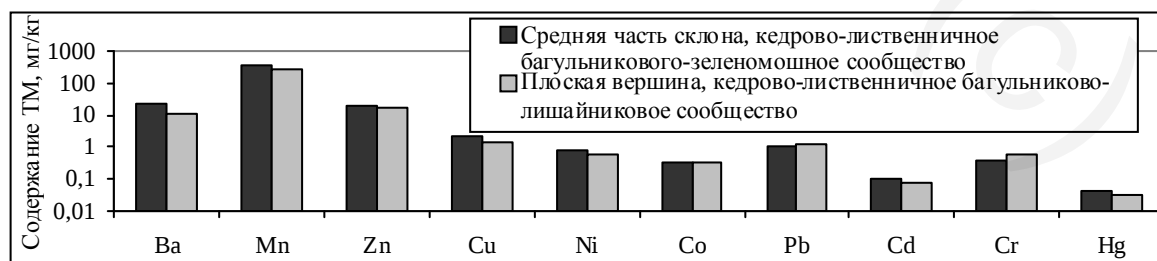


Рис. 4.57. Содержание ТМ в лишайнике *Cladonia alpestris* в сопряженных ПТК (Западно-Ярояхинский ЛУ).

Сравнительный анализ содержания ТМ и As в растениях фоновых и нарушенных территорий позволяет выделить существенные различия в аккумуляции микроэлементов. Химический состав лишайника имеет достоверные различия выборок фоновых и антропогенно нару-

шенных участков как по средним содержаниям ТМ, так и по значениям Кб (см. прил. табл. 34).

Концентрация микроэлементов в растениях нарушенных территорий характеризуется значительно большей вариабельностью содержания всех ТМ, чем на фоновых участках (рис. 4.58 прил. табл. 34). Одновременно с этим большим разбросом значений характеризуются и Кб. Увеличение вариабельности значений на нарушенных территориях свидетельствует о формировании химического состава лишайников под влиянием антропогенной нагрузки.

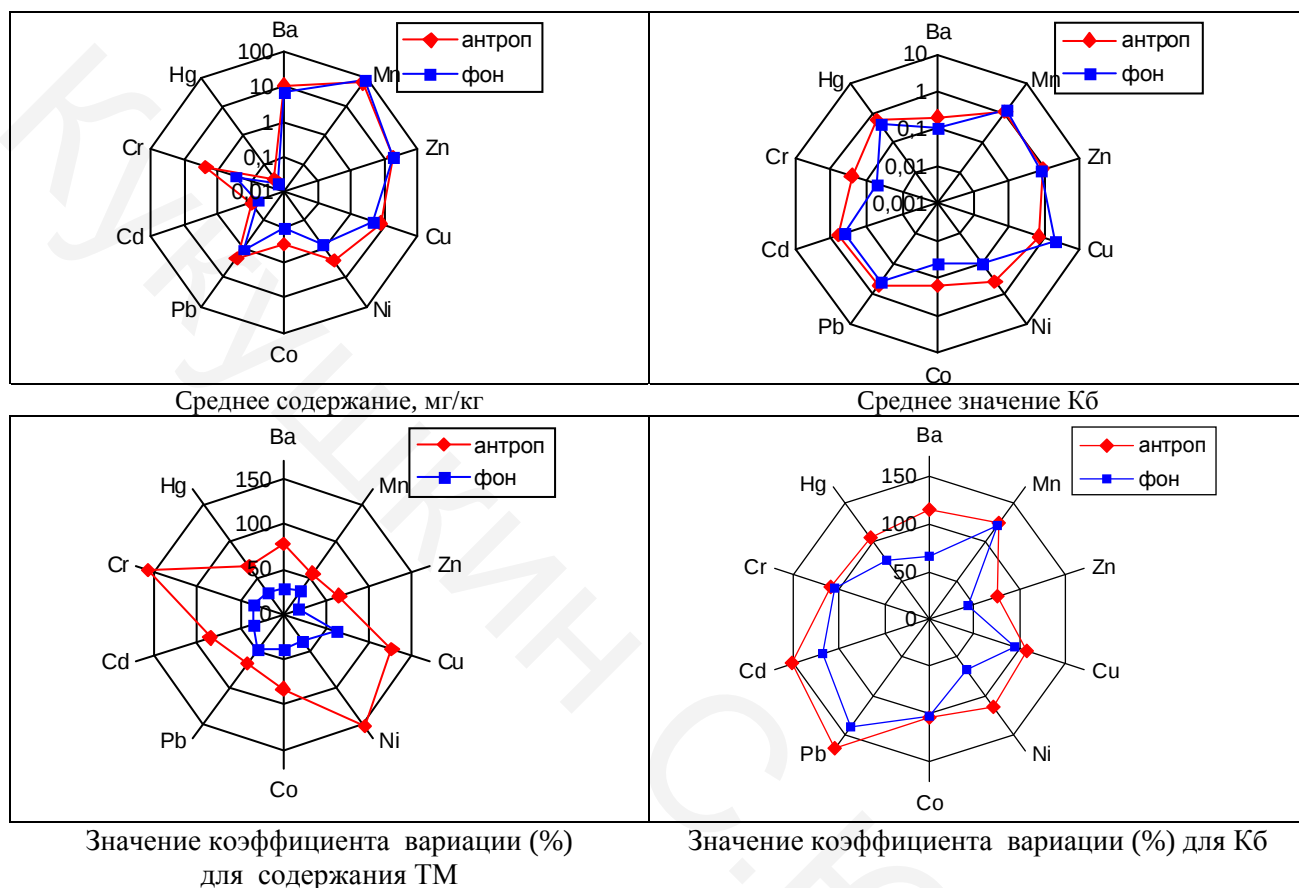


Рис. 4.58. Статистические показатели содержания микроэлементов в лишайнике *Cladonia alpestris* нарушенных и фоновых участков исследованной территории

Растения севера Западной Сибири имеют тенденцию к аккумуляции ($K_b > 1$) Mn, Cu и Zn (Глазовская, 1988; Добровольский, 2003; Московченко и др., 2011). В лишайниках на нарушенных участках наоборот отмечается снижение интенсивности поглощения этих элементов по сравнению с фоновыми ПТК. Такой характер изменения Кб Mn, Cu и Zn в лишайниках может указывать на аэротехногенное поступление ТМ в растения нарушенных территорий при антропогенной нагрузке. Остальные микроэлементы, которые слабо накапливаются в растениях севера Западной Сибири, в лишайниках на нарушенных участках наоборот имеют тенденцию к активному поглощению. Содержание Ba, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и Hg в лишайников антропогенно нарушенных территорий выше их фоновых показателей. При этом увеличивается и их значение Кб (см. рис. 4.58 и прил. табл. 34). В отличие от Mn, Cu и Zn, где Кб и концентрация ТМ в лишайнике независимы друг от друга. Для Ba, Ni, Co, Pb, Cd и Hg установлена четкая зависимость: при увеличении Кб, увеличивается и содержание ТМ в тканях (рис. 4.59). Это может

быть связано с интенсивным поступлением микроэлементов, в первую очередь, из почвенного покрова, вследствие увеличения мобильности ТМ при антропогенном воздействии.

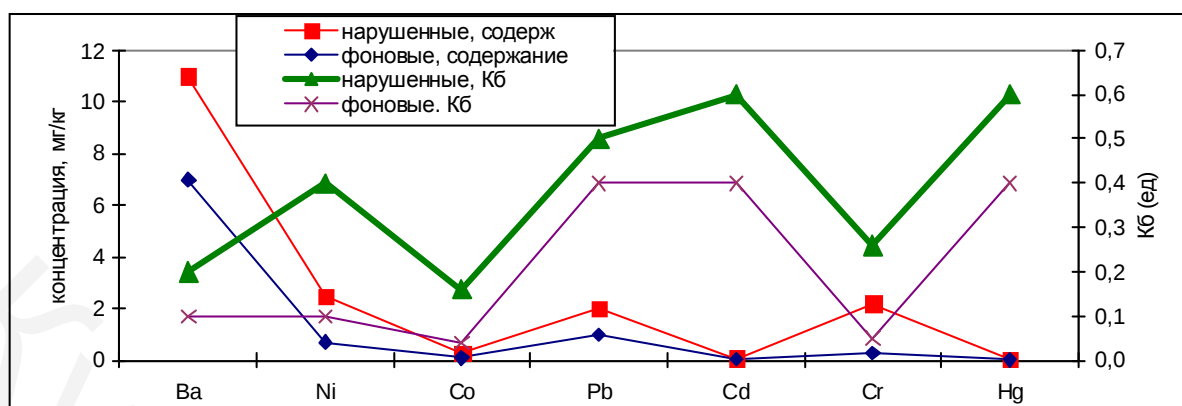


Рис. 4.59. Соотношение содержания ТМ и значения Кб в лишайнике *Cladonia alpestris* нарушенных и фоновых участков исследованной территории

Наиболее показательным примером аэротехногенного поступления ТМ в лишайники является анализ пространственного распределения Ba и Pb в растениях ЛУ (рис. 4.60).

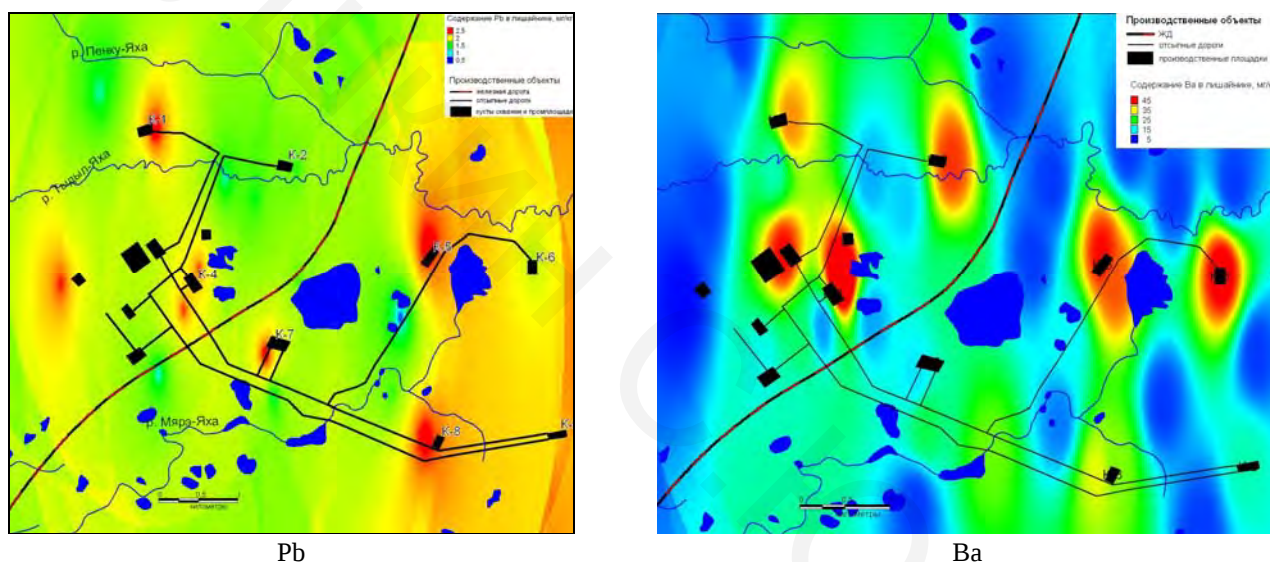


Рис. 4.60. Пространственное распределение Pb и Ba в лишайнике *Cladonia alpestris*, Пырейный ЛУ (метод интерполяции IDW).

Как видно из рис. 4.55, содержание Ba и Pb в лишайниках увеличивается вблизи источников поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух: кустовых площадок с факельными установками и участков поисково-оценочного бурения.

В накоплении ТМ в кустарничках фоновых и нарушенных участков изученных ЛУ установлен ряд общих закономерностей (см. прил. табл. 35). Как и в лишайниках, во всех кустарничках содержание Mn и Zn на фоновых территориях несколько выше, чем на нарушенных. При этом, не установлено статистически достоверных различий выборок их концентраций. Однако, значения Кб данных элементов имеет статистически достоверные различия для выборок фоновых и нарушенных участков. Интенсивность накопления Ba, Zn в кустарничках отличается незначительно, а Mn и Cu характеризуется интенсивной аккумуляцией в кустарничках нарушенных участков (см. прил. табл. 35).

На осваиваемых территориях ЛУ Кб Мп для багульника и брусники значительно выше, чем на фоновых и достигает 27 и 30, соответственно (см. прил. табл. 35). На антропогенно нарушенных участках происходит статистически достоверное увеличение значений Кб для Мп. Таким образом, даже низкому содержанию Мп в почвах соответствует интенсивное его накопление в кустарничках, что может быть связан с антропогенными факторами: изменение геохимических условий с увеличением подвижности Мп и аэротехногенным поступлением через поверхностные ткани растений.

В кустарничках (багульник *Ledum decumbens* и брусника *Vaccinium vitis-idaea*) на нарушенных участках установлено статистически достоверное увеличение содержания Ba, Cu, Ni, Co, Pb и Cr, в то время как, в голубике *Vaccinium uliginosum* этот процесс выражен в меньшей степени (рис. 4.61-4.63, прил. табл. 35).

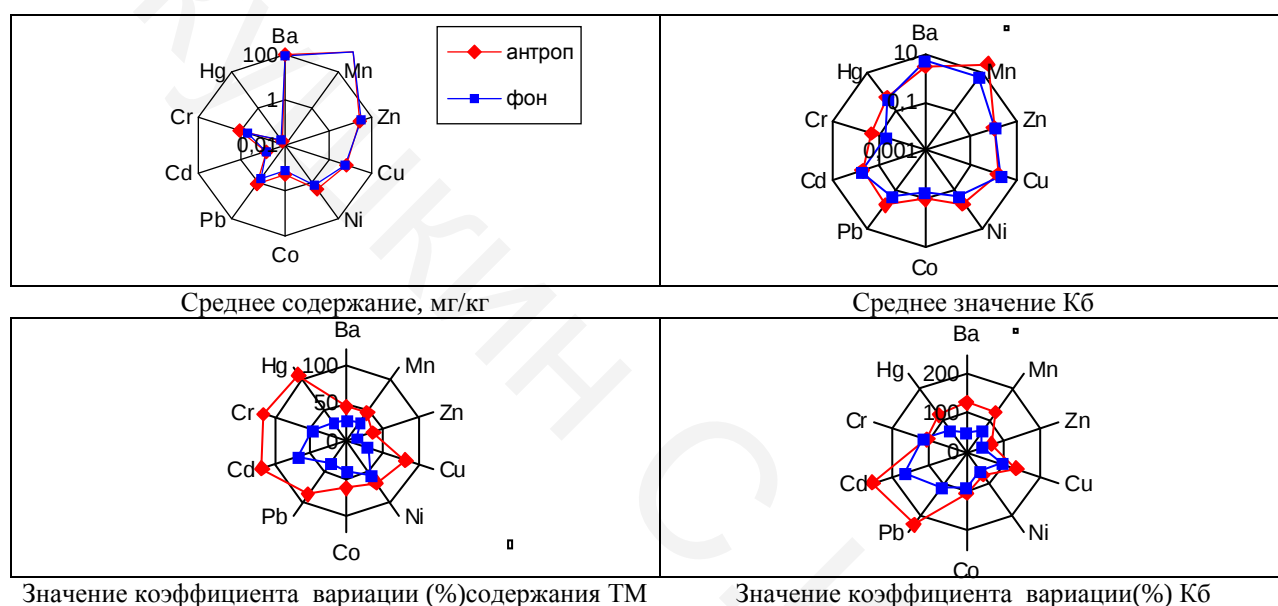


Рис. 4.61. Статистические показатели содержания ТМ в багульнике *Ledum decumbens* нарушенных и фоновых участков исследованной территории

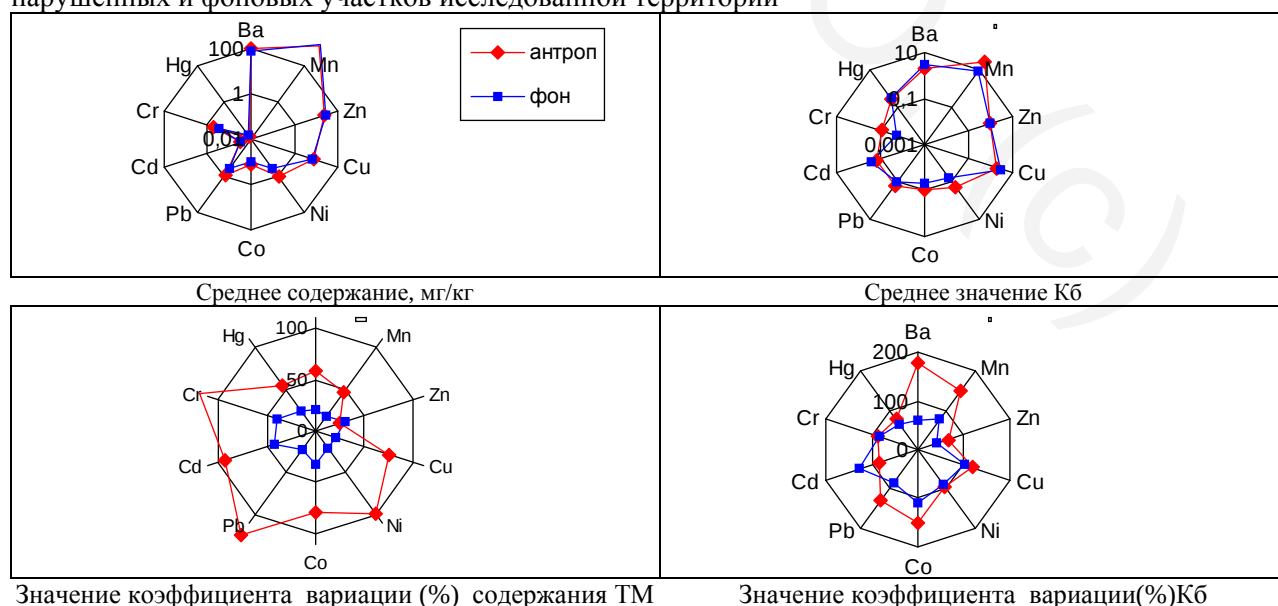
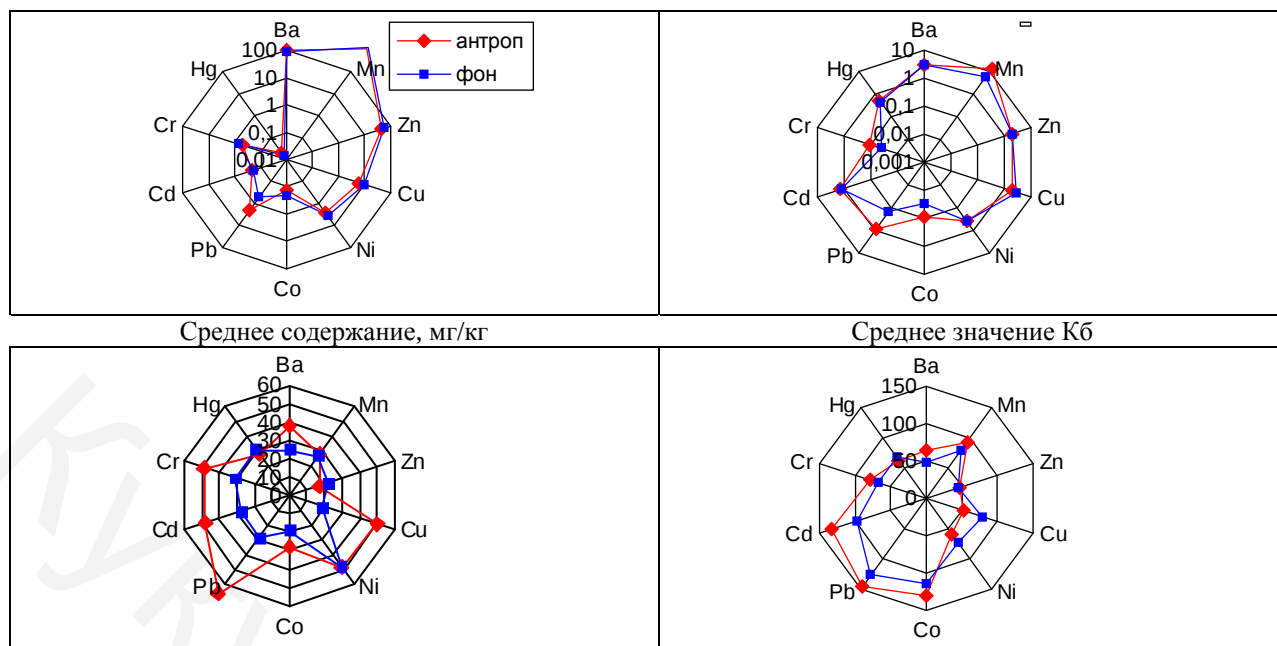


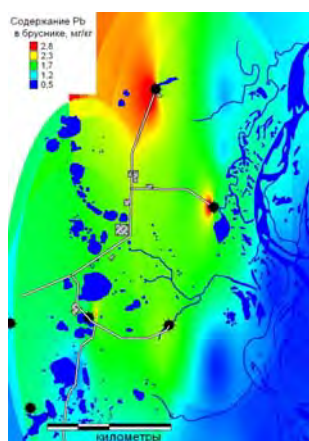
Рис. 4.62. Статистические показатели содержания ТМ в бруснике *Vaccinium vitis-idaea* нарушенных и фоновых участков исследованной территории



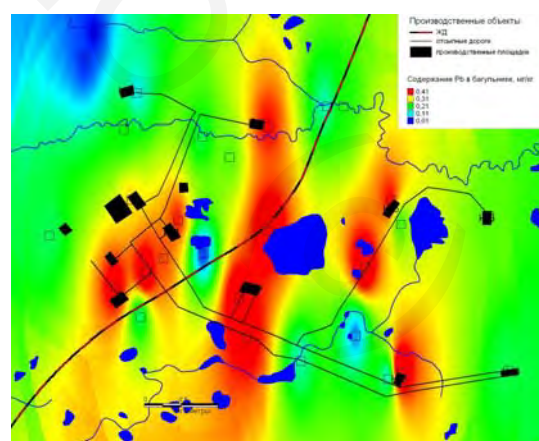
Значение коэффициента вариации (%) содержания ТМ Значение коэффициента вариации (%) Кб
Рис. 4.63. Статистические показатели содержания микроэлементов в голубике *Vaccinium uliginosum* нарушенных и фоновых участков исследованной территории

Статистический анализ выборок позволяет сделать вывод о резком увеличении вариабельности содержания микроэлементов и их значений Кб в кустарничках нарушенных территорий (рис. 4.61-4.63), что может быть связано с изменением геохимических условий вследствие антропогенной нагрузки и поступлением загрязняющих веществ в почвы.

Наиболее показательным примером увеличения содержания Ni, Ba и Pb в кустарничках является пространственное распределение этих микроэлементов в бруснике и багульнике на территории интенсивно осваиваемых ЛУ – Западно-Яряхинском, Пырейном и Юрхаровском. Как видно из рис. 4.64 - 4.66, максимальная концентрация микроэлементов обнаружена в кустарничках рядом с производственными объектами месторождений.



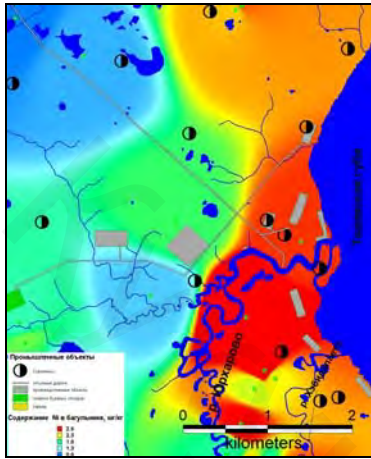
Брусника *Vaccinium vitis-idaea*, Западно-Яряхинский ЛУ
Рис. 4.64. Пространственное распределение Pb в индикаторных видах растений, (метод интерполяции IDW)



Багульник *Ledum decumbens*, Пырейный ЛУ

Вместе с тем следует отметить, что содержание As и V в большинстве отобранных проб голубики и брусники ниже предела чувствительности ($As < 0,1$ и $V < 0,3$ мг/кг). Только в лишайнике и багульнике на нарушенных территориях концентрации их имеют значимые величины,

что указывает на техногенные процессы поступления в растения. Наиболее показательным примером можно считать пространственное распределение As в лишайниках Юрхаровского ЛУ (рис. 4.67). Максимальная его концентрация в лишайнике установлена на участках проведения геологоразведочных работ.



отмечаются в растениях на подзолистых почвах (иллювиально-железистых и глееватых), положительные – в ПТК с торфяно-подзолисто-глееватыми почвами, торфяно-глееземами и торфяными почвами. В лишайниках, химический состав которых меньше зависит от поступления ТМ из почв, нагрузки компонента имеют существенно меньший вес.

Второй фактор в индикаторных видах может быть интерпретирован как антропогенный.

Багульник <i>Ledum decumbens</i>	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
F II 16% $\frac{\text{Cd}_{40}}{\text{Zn}_{68}\text{Ba}_{53}\text{Cu}_{43}\text{Hg}_{37}\text{Mn}_{34}\text{Co}_{33}}$	F II 19% $\frac{\text{Pb}_{92}\text{Zn}_{67}}{\text{Cu}_{58}}$
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	Лишайник <i>Cladonia alpestris</i>
F II 15% $\frac{\text{Ba}_{53}\text{Ni}_{40}\text{Hg}_{42}}{\text{Co}_{72}\text{Pb}_{45}\text{Mn}_{33}}$	F II 17% $\frac{\text{Mn}_{53}\text{Co}_{52}}{\text{Hg}_{72}\text{Cd}_{61}\text{Pb}_{39}}$

Он приурочен исключительно к участкам со значительным механическим нарушением почвенного покрова (зимники и вездеходные разьезды). При этом состав парагенезисов в растениях существенно различается в зависимости от индивидуальных биологических особенностей индикаторных видов растений. Однако, пространственное распределение фактора свидетельствует о четкой связи с нарушенными ПТК. На участках с максимальными значениями компонента отмечены увеличение обводненности территории, процессы вторичного заболачивания, что приводит к изменению подвижности микроэлементов и аккумуляции ТМ в растениях.

Третий фактор в багульнике **F III**13% $\frac{\text{Mn}_{57}}{\text{Pb}_{81}\text{Zn}_{45}}$ и голубике **F III**11% $\frac{\text{Cu}_{60}\text{Pb}_{47}\text{Zn}_{35}}{\text{Cd}_{38}\text{Mn}_{35}}$ может быть отнесен к антропогенным. Он связан с загрязнением в районах производственных объектов месторождений. Компонент обусловлен изменением химического состава кустарничков в сообществах на торфяно-глеевых и торфяных почвах при антропогенной нагрузке.

В лишайнике третий фактор **F III**13% $\frac{\text{Cr}_{50}\text{Cd}_{30}}{\text{Zn}_{62}\text{Ba}_{51}\text{Mn}_{37}\text{Hg}_{30}}$ так же интерпретирован, как антропогенный, определяющий поступление загрязняющих веществ в растения рядом с объектами инфраструктуры месторождений, производственными и кустовыми площадками.

В бруснике третий фактор **F III**11% $\frac{\text{Hg}_{52}\text{Cu}_{39}}{\text{Cr}_{64}\text{Ni}_{40}}$ интерпретирован как природный, отражающий особенности накопления ТМ в лесных сообществах. Положительные нагрузки его отмечаются в таежных фитоценозах низких пойм с оглееными почвами. Отрицательные значения компонента проявляются в сообществах со смешанным древостоем на легких по механическому составу почвах.

Четвертый фактор является общим для всех кустарничков и относится к природным.

Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	Багульник <i>Ledum decumbens</i>	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
F IV 11% $\frac{\text{Cu}_{37}\text{Cd}_{32}}{\text{Hg}_{68}\text{Pb}_{39}\text{Cr}_{36}\text{Ni}_{29}}$	F IV 13% $\frac{\text{Cu}_{40}\text{Cd}_{40}\text{Zn}_{30}}{\text{Hg}_{62}\text{Co}_{52}\text{Pb}_{31}}$	F IV 10% $\frac{\text{Cd}_{44}}{\text{Hg}_{62}\text{Cr}_{28}\text{Ni}_{26}\text{Co}_{25}}$

Он связан с особенностями поступления ТМ в растения фитоценозов речных долин на легких по механическому составу почвах и в тундровых сообществах на хорошо дренированных субстратах, где почвы характеризуются мощной слаборазложившейся подстилкой с примесью

крупнозернистого речного песка и супесчаными и песчаными минеральными горизонтами. Отрицательные значения компонента характерны для тундровых и редкостойных лиственничных сообществ на почвах с хорошо разложившимся торфянистым горизонтом и легко- и среднесуглинистыми минеральными горизонтами почв.

В лишайнике четвертый фактор $F_{IV} 9\% \frac{Mn_{60}}{Co_{66}}$ интерпретирован как локальный антропогенный, обусловленный недавним загрязнением за счет осаждения на поверхность лишайника твердых частиц. Положительные нагрузки компонента наблюдаются в ПТК рядом с производственными площадками, где осуществляется монтаж/демонтаж оборудования скважин и ремонт автомобильной техники (рис. 4.68). Поскольку Mn входит в состав сварочных электродов, абразивных и отрезных кругов, то при проведении большого объема монтажных/демонтажных и ремонтных работ в атмосферный воздух поступает значительное его количество в виде газообразной формы и пыли, состоящей из оксида Mn, что приводит к увеличению его содержания в пробах лишайника. На момент проведения исследований на территории Пырейного ЛУ, на кустовых площадках К-8 и К-9 осуществлялись работы по демонтажу бурового оборудования (рис. 4.69).

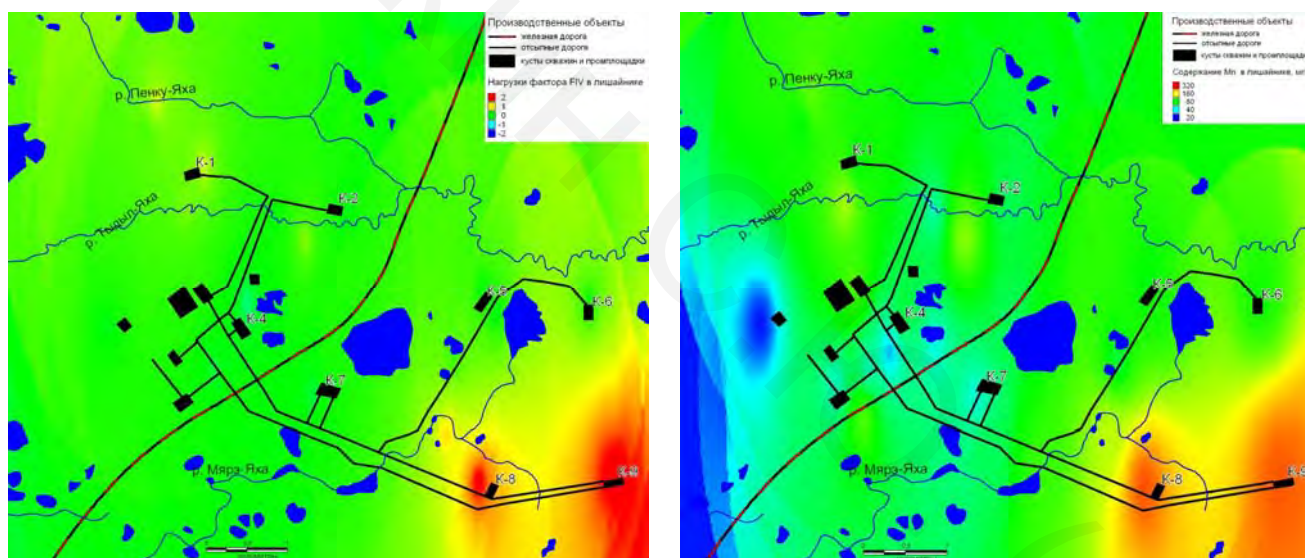


Рис. 4.68. Нагрузки фактора FIV и содержание Mn в лишайнике на территории Пырейного ЛУ (метод интерполяции IDW)



Рис. 4.69. Демонтаж оборудования и площадка техники рядом с кустом скважин К-9, Пырейный ЛУ (фото автора)

Пятый фактор - общий для всех кустарничков и связан с антропогенным загрязнением.

Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	Багульник <i>Ledum decumbens</i>	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
F V 11% $\frac{\text{Mn}_{66}\text{Ba}_{50}\text{Cr}_{36}\text{Pb}_{32}}{\text{Co}_{66}\text{Cu}_{39}}$	F V 10% $\frac{\text{Co}_{66}\text{Cu}_{39}}{\text{Ba}_{36}\text{Mn}_{31}\text{Pb}_{36}}$	F V 9% $\frac{\text{Ba}_{28}\text{Pb}_{29}}{\text{Zn}_{36}\text{Cd}_{28}}$

Нагрузки компонента определены в растениях рядом с отсыпными производственными площадками (кусты скважин, площадки под строительство объектов инфраструктуры месторождений). Загрязнение вызвано работой автотранспорта и поступлением песчаного материала отсыпок в торфяники.

В лишайнике пятый фактор FV 9% $\frac{\text{Cd}_{58}\text{Co}_{40}\text{Mn}_{33}}{\text{Cr}_{52}\text{Ba}_{47}}$ интерпретирован как антропогенный, обусловленный поступлением минерального материала вследствие выноса ветром песчаных частиц с поверхности отсыпок.

Шестой фактор в багульнике и лишайнике может быть отнесен к антропогенным. Проявление компонента определено, исключительно, для растений антропогенно нарушенных участках. Он связан с Багульник *Ledum decumbens* Лишайник *Cladonia alpestris* F VI 7% $\frac{\text{Ba}_{46}}{\text{Cu}_{43}\text{Mn}_{39}}$ FVI 9% $\frac{\text{Ba}_{66}\text{Cd}_{26}}{\text{Hg}_{36}}$ загрязнением территории производственными отходами. Положительные его нагрузки отмечены в районах несанкционированных свалок оборудования и материалов, а также в местах стоянок автотранспорта. Отрицательные значения характерны для участков с механическим нарушением почвенного покрова. Максимальное влияние установлено в растениях рядом с площадкой несанкционированного складирования буровых растворов на территории Берегового ЛУ, при этом абсолютные концентрации Ba в индикаторных видах растений незначительно отличаются от средних значений по ЛУ, а в почвах зафиксировано экстремально высокое содержание Ba (табл. 4.27).

Таблица 4.27

Содержание ТМ в почве и индикаторных видах растений на нарушенных участках, мг/кг

	СМ103, Береговой ЛУ				СМ 212, Пырейной ЛУ			
	Лиственный редина, несанкционированная свалка буровых растворов, вездеходные разьезды				Кедрово-березово-лиственный кустарничково-ерниково-мохово-лишайниковое редколесье, пожарище, захламенность территории, видимые механические нарушения почвенного и растительного покровов			
	аккумулятив. гор. почв	иллюв. гор. почв	<i>Ledum decumbens</i>	<i>Cladonia alpestris</i>	аккумулятив. гор. почв	иллюв. гор. почв	<i>Ledum decumbens</i>	<i>Cladonia alpestris</i>
Ba	1273	791	100	179	71	486	97	16
Mn	413	350	1269	72	80	160	834	51
Zn	63	82	18	16	11	23	15	12
Cu	14	18	3	2	6	6	3	1
Ni	16	23	4	2	6	11	5	4
Co	5	11	0,3	0,2	2	5	0,2	0,2
Pb	29	13	0,4	2	6	11	0,4	2
Cd	0,32	0,21	0,01	0,09	0,27	<0,1	0,02	0,09
Cr	73	63	3	2	5	34	3	3
Hg	0,046	0,017	<0,015	<0,015	0,005	0,018	0,002	0,0002
нагрузки фактора FVI			1,3	5,7			1,6	1,1

В бруснике шестой фактор $F_{VI} 8\% \frac{Cd_{36} Ni_{23} Hg_{23}}{}$ отнесен к природным, обусловленным особенностью поступления микроэлементов в растения из торфяно-подзолистоглеевых перегнойных почв речных долин. Отрицательные его нагрузки проявляются в почвах с хорошо выраженной слаборазложившейся подстилкой на легких по механическому составу речных отложениях. Положительные значения фактора установлены для тяжелых по механическому составу почв.

Шестой фактор в голубике интерпретирован как природный и связан с особенностями накопления ТМ в тундрах и торфяниках. Положительное влияние компонента отмечено на торфяно-подзолистых почвах. Отрицательные нагрузки - на торфяно-глеевых почвах. Фактор выражен крайне слабо.

$$F_{VI} 7\% \frac{Co_{39} Cd_{32}}{Zn_{56} Hg_{54}}$$

Значимость остальных факторов существенно ниже и они определяются индивидуальными особенностями накопления ТМ в растениях.

Таким образом, проведенный факторный анализ позволяет выделить ряд антропогенных и природных процессов, которые определяют содержание микроэлементов в индикаторных видах растений эксплуатируемых ЛУ. В зависимости от вида растений меняется соотношение антропогенных и природных факторов (рис. 4.70). Максимальное проявление антропогенных факторов характерно для багульника и лишайника. В бруснике и голубике вес антропогенных факторов снижается. Это связано с их биогеохимическими особенностями аккумуляции микроэлементов. Таким образом, можно сказать, что вблизи производственных объектов ЛУ эксплуатируемых месторождений микроэлементный состав растений определяется антропогенными факторами. Наиболее характерными в этом отношении растениями являются багульник *Ledum decumbens* и лишайник *Cladonia alpestris*.

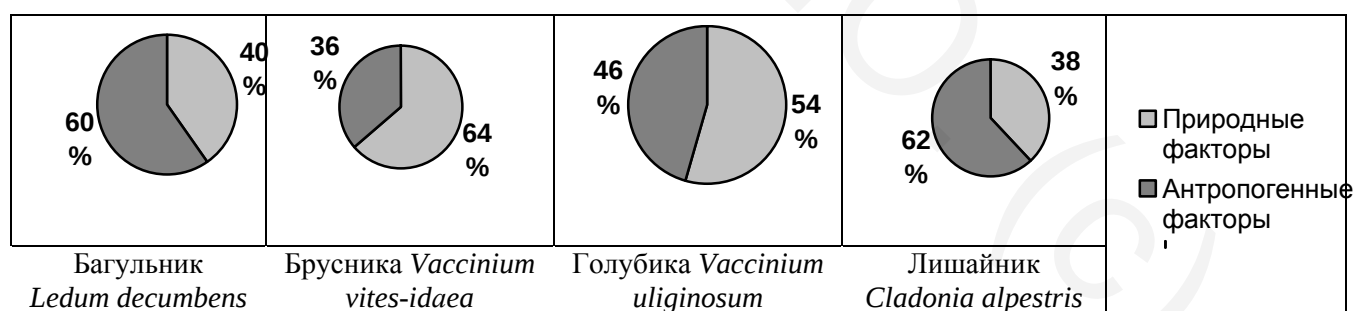


Рис. 4.70 Соотношение антропогенных и природных факторов, определяющих содержание ТМ в индикаторных видах растений эксплуатируемых ЛУ

Обобщив факторы, оказывающее влияние на распределение микроэлементов в индикаторных видах растений исследованных ЛУ, можно выделить ряд антропогенных и природных процессов (рис. 4.71 и 4.72).

Природные факторы, формирующие химический состав индикаторных видов растений ЛУ, связаны с поступлением микроэлементов из почв и определяют до 30-40% дисперсии выборки. Антропогенные факторы обусловлены изменением подвижности ТМ вследствие вторич-

ного заболачивания, опосредованным загрязнением растений при поступлении поллютантов в почвенный покров с производственных площадок и аэротехногенным загрязнением.

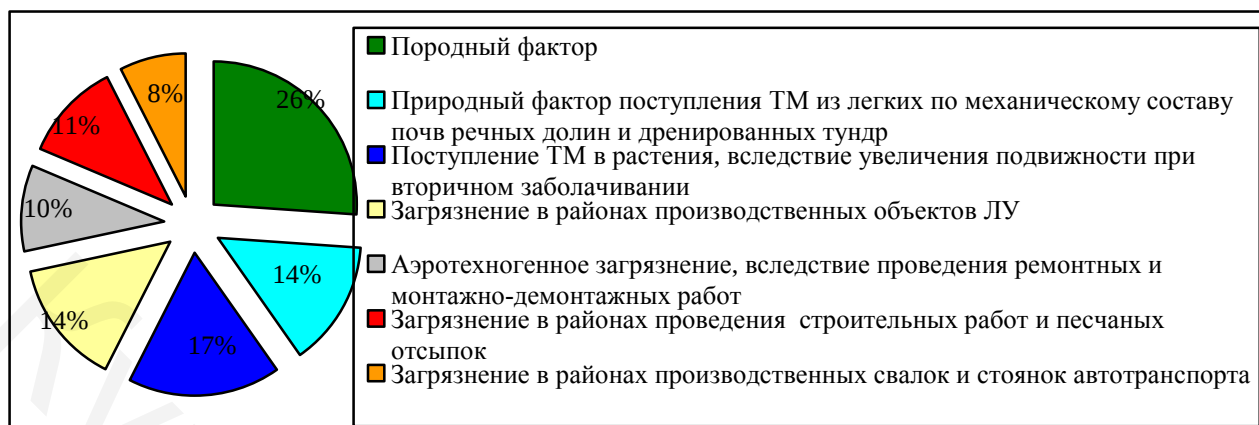


Рис. 4.71. Соотношение факторов определяющих состав багульника *Ledum decumbens* на территории эксплуатируемых ЛУ

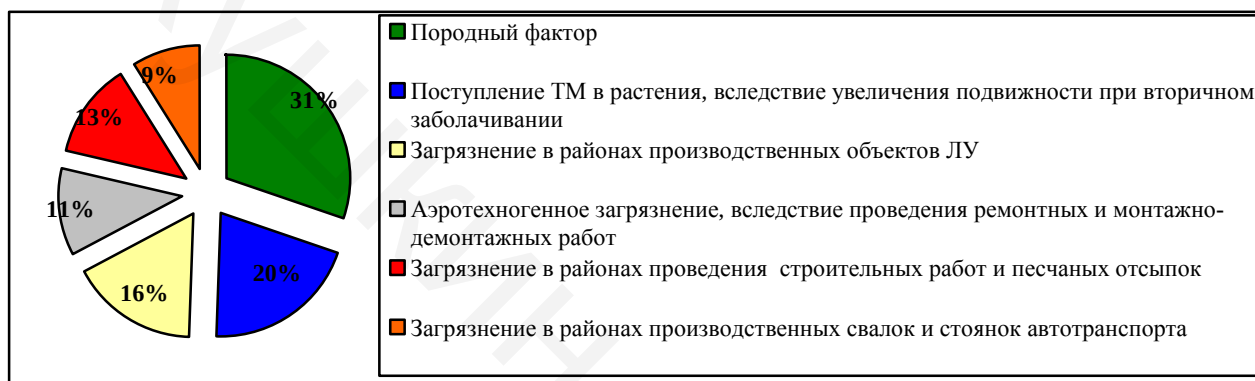


Рис. 4.72. Соотношение факторов определяющих состав лишайника *Cladonia alpestris* на территории эксплуатируемых ЛУ

Таким образом, проведенный анализ содержания микроэлементов в индикаторных видах растений позволяет сделать следующие выводы:

- растения характеризуются низким уровнем содержания микроэлементов. При этом, они отличаются низкими значениями Кб ТМ и наиболее активно аккумулируют Mn, Zn, Cu, кустарнички также интенсивно накапливают и Ba. Индикаторные виды растений на исследованной территории характеризуются разной степенью изменчивости содержания и накопления ТМ и располагаются следующим образом: лишайник > багульник > брусника > голубика;

- содержание ТМ в индикаторных видах растений в первую очередь определяется периодом отбора проб (фенологическая фаза) и условиями местообитаний. Значительное влияние оказывают природные факторы: почвенный покров, состав и структура растительных сообществ, степень увлажнения местообитаний;

- антропогенное воздействие выражается в увеличении содержания Ba, Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и Hg в лишайниках, Ba, Cu, Ni, Co, Pb, Cr в кустарничках;

- аэротехногенное загрязнение приводит к изменению значений Кб в первую очередь Mn, Ba, Cu и Zn;

- растения нарушенных территорий характеризуются высокой вариабельностью как концентрации микроэлементов, так и значений Кб;
- наиболее достоверными индикаторными видами растений при оценке антропогенной нагрузки при освоении месторождений можно считать лишайник *Cladonia alpestris* и багульник *Ledum decumbens*.

4.4. Изменение ПТК исследованной территории

Основные процессы, связанные с изменением ПТК исследованной территории, обусловлены как прямыми, так и косвенными воздействиями при освоении месторождений Надым-Пур-Тазовского междуречья. Непосредственное влияние на ПТК оказывают механические воздействия, а опосредованное – эмиссионные (Оборин и др., 1988; Казанцева, 1994; Московченко, 1998, 2006, 2010; Опекунов и др., 2002; Кукушкин и др., 2006; Кукушкин и др., 2009; Kukushkin, 2011; Опекунов и др., 2012; Опекунова и др., 2012, 2015; Опекунова, Кукушкин, 2012; Опекунова, 2013; Капелькина, 2014). Уровень изменений варьирует от незначительных нарушений в структуре ПТК, до полной их деградации или смены.

При существенном уровне эмиссионных воздействий на компоненты ПТК происходят изменения в структуре растительных сообществ и почв. Основными действующими веществами в данном случае выступают буровые растворы и пластовые воды (Солнцева, 1981, 1982, 1983, 1988, 1996, 1998; Соромотин, 1996; Гиббасова и др. 1997; Дьяконов, 1998; Сысо и др. 2001; Kukushkin, 2011; Опекунова и др., 2015 и др.). При проведении исследований выявлены только единичные случаи негативных последствий влияния на растительный покров разливов нефтепродуктов (Самбургский ЛУ, Надымский ЛУ), что обусловлено как соблюдением технологий добычи (снижение аварийности), так и типом добываемого углеводородного сырья на изученной территории (газ, легкая нефть и газоконденсат). В целом, можно отметить, что эмиссионные воздействия в растительном покрове проявляются крайне локально и практически отсутствуют. Однако, можно выделить два уровня изменения в ПТК. Первый: при незначительном поступлении загрязняющих веществ на поверхность почв происходит трансформация растительного покрова. Второй - полная деградация фитоценозов и почв.

Трансформация растительного покрова на исследованной территории при эмиссионных воздействиях выражается в изменение видового состава сообществ. Происходит уменьшение общего количества видов. При незначительном поступлении поллютантов снижается проективное покрытие лишайников и их видовое разнообразие. Увеличение уровня загрязнения может приводить к исчезновению кустарничков. Длительное эмиссионное воздействие сопровождается гибелью и древесной растительности. При этом можно четко разделить изменения в ПТК при поступлении на поверхность почвенного покрова буровых растворов и пластовых вод.

Загрязнение буровыми растворами в основном связано с их несанкционированным скла-

дированием на необорудованных площадках, что приводит к образованию твердой сцементированной поверхности на почвенном покрове с полностью отсутствующей растительностью (см. прил. рис. 22).

Поступление пластовых вод приводит к деградации фитоценозов и последующему разрушению поверхностных органогенных горизонтов почв (рис. 4.73 и 4.74).



Рис.4.73. Деградация растительного и почвенного покровов вследствие поступления пластовых вод с устройства прожиг факела куста скважин К-5, Пырейный ЛУ (фото автора)



Рис. 4.74. Гибель древесной растительности вследствие поступления пластовых вод с устройства прожиг факела куста скважин К-5, Пырейный ЛУ (фото автора)

Как видно из рис. 4.73 и 4.74, длительное поступление пластовых вод обусловило уничтожение растительного покрова и инициировало процессы водной эрозии почв, что вызвало быстрое разрушение поверхностных органогенных горизонтов почв.

Механические воздействия на почвенный и растительный покровы ПТК исследованной территории крайне разнообразны. К ним относятся проведение экскавационных работ, отсыпка дорог и производственных площадок, нарушения при прокладке трубопроводов, движение тяжелой техники и перетаскивание буровых станков, вырубki при обустройстве сейсмопрофилей и площадок, а также лесные пожары. Изменения в ПТК вследствие механических нарушений характеризуются многообразием проявлений (вторичное заболачивание, разрушение торфяных бугров, растепление многолетнемерзлых грунтов, активизация криогенных процессов, деграда-

ция и полное уничтожение растительного и почвенного покровов, активизация эрозионных процессов, разрушение берегов рек и т.д.). Механическое воздействие при освоении месторождений ПТК проявляется на разных уровнях от флористических и хорологических, до биогеоценологических изменений (Биоиндикация., 1988; Опекунова, 2016).

На участках проведения буровых работ практически отсутствуют лишайниковые виды, типичные для естественных фитоценозов Надым-Пур-Тазовского междуречья. Резко снижается участие в растительном покрове кустарников и кустарничков, при этом увеличивается роль травянистых видов – осок, хвощей, пушиц или злаков. Значительно меняется и соотношение видов мхов. Одним из наиболее типичным проявлений механических воздействий можно считать появление мха *Polytrichum strictum*, замещающего *Polytrichum commune* (рис 4.75). На нарушенных участках увеличивается проективное покрытие *Polytrichum strictum* с одновременным снижением доли *Polytrichum commune*.

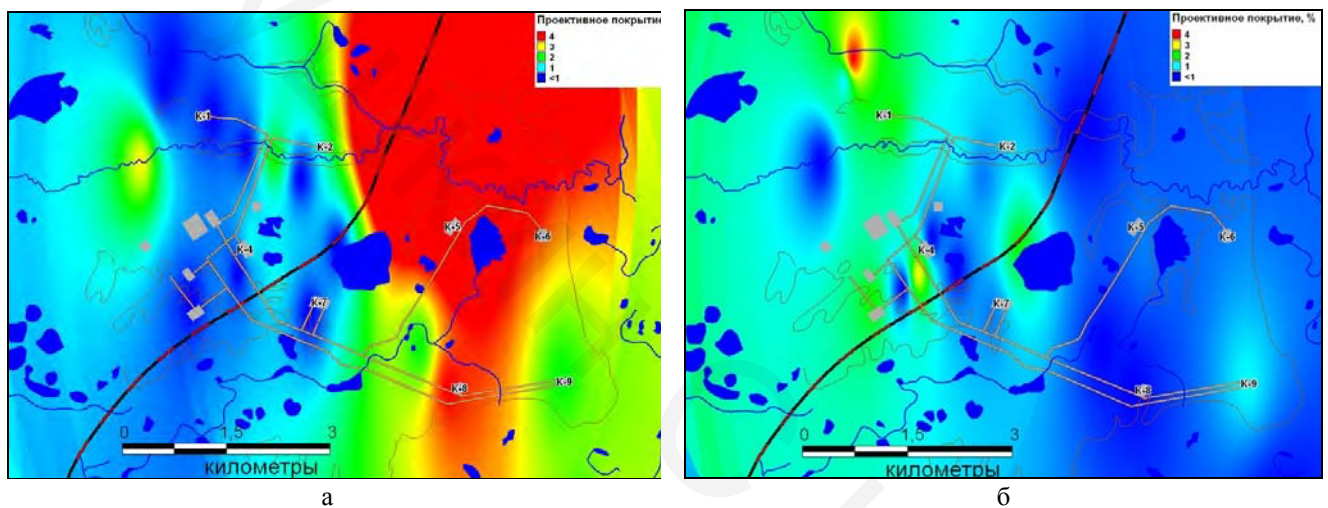


Рис. 4.75. Изменение проективного покрытия политриховых мхов на территории Пырейного ЛУ (метод интерполяции IDW). а) – проективное покрытие *Polytrichum commune*; б) – проективное покрытие *Polytrichum strictum*

В зависимости от положения в рельефе, режима увлажнения и типа почв последствия механических воздействий на ПТК при освоении месторождений выражаются разными процессами: вторичное заболачивание нарушенных участков торфяников и болот, формирование разнотравно-рудеральных и злаковых фрагментарных фитоценозов на выходах песчаных пород.

На площадках буровых работ на дренированных участках происходит образование одно-типных относительно-устойчивых производных пушицево-осоково-злаковых и разнотравно-злаковых сообществ (см. прил. рис. 23). В составе травостоя преобладают: иван-чай *Chamaerion angustifolium*, вейники *Calamagrostis holmii*, *C. lapponica*, злаки *Deschampsia borealis* и *Festuca rubra*, отмечается появление *Tripleurospermum inodorum*. Проективное покрытия травостоя на площадках скважин варьирует от 20 до 80%, высота растительности достигает 25-35 см. В случае избыточного увлажнения происходит вторичное заболачивание территории с образованием пушицевых *Eriophorum polystachyon*, *E. scheuchzeri* и осоково-вейниковых сообществ (см. прил.

рис. 24). При сохранении общей тенденции олуговения фитоценозов формирование растительного покрова имеет фрагментарный характер.

Ландшафтно-деструкционные воздействия, связанные с прямым механическим нарушением вследствие движения тяжелой техники, перетаскивания буровых станков и т.п., выражаются в частичном или полном изменении компонентов ПТК. Последствия зависят от комплекса физико-географических условий и типа ПТК.

При механическом воздействии на дренированные ПТК происходит разрушение микро-рельефа (бугорков). На месте коренных тундровых сообществ со сплошной горизонтальной и вертикальной структурой развиваются травянистые фрагментарные группировки, замещающиеся в дальнейшем длительно производными разнотравно-злаковыми фитоценозами. В травяном покрове преобладают *Festuca rubra*, *Deschampsia borealis*, *Arctagrostis latifolia* и *Calamagrostis holmii*. На месте коренных лиственничников и лиственничных редин происходит формирование вторичных березовых сообществ (см. прил. рис. 25).

В результате механического воздействия на слабонаклонных поверхностях водоразделов и пологих склонах, кустарниковые сообщества замещаются злаково-разнотравными группировками, которые затем сменяются на длительно производные злаковые сообщества.

В травяно-моховых болотах ивняково-ерниковые осоково-пушицево-моховые сообщества замещаются на пушицевые, злаково-пушицевые и осоково-пушицевые, которые в дальнейшем переходят в осоково-пушицево-гипновые и травяно-сфагново-гипновые фитоценозы. В результате отмечается резкое и устойчивое заболачивание территории (см. прил. рис. 26 и рис. 27). На плоских водораздельных участках с осоково-гипновыми однородными болотами и «хасырями» последствия механических нарушений выражены в меньшей степени.

Механическое воздействие в сообществах плоскобугристых болот выражается в разрушении торфяных бугров. В результате этого происходит деструкция торфяного теплоизолирующего слоя, что вызывает растепление грунтов, приводящее к переобводнению территории. Отмечается усиление процессов заболачивания и развитие криогенных процессов (см. прил. рис. 28).

Воздействие линейных объектов (трубопроводы, дороги) заключается в частичном или полном блокировании поверхностного стока. Происходит частичная или полная деградация растительного и почвенного покровов. При незначительном нарушении поверхностного стока строительство линейных объектов приводит к формированию вторичных пушицевых сообществ (см. прил. рис. 29). Крайним проявлением нарушения стока можно считать полную смену ПТК. При полном блокировании поверхностного стока происходит разрушение фитоценозов, образование антропогенных аквальных комплексов (см. прил. рис. 30).

Строительство трубопроводов на исследованной территории приводит к частичному

разрушению берегов рек. Происходит ускорение эрозионных процессов вдоль линии трубопроводов (см. прил. рис. 31).

Экскавационные работы при обустройстве промыслов сопровождаются значительными по площади изменениями ПТК. При обустройстве карьеров наблюдается полная деградация растительного и почвенного покровов. При отсутствии мероприятий по рекультивации восстановление растительного покрова идет крайне медленно. По краям карьера формируются злаково-осоковые группировки иногда с внедрением ив и берез (см. прил. рис. 32).

На исследованной территории не всегда успешно происходит рекультивация карьеров. При правильно проведенных мероприятиях через 2-3 года образуются вторичные злаковые или кустарниково-злаковые сообщества (см. прил. рис. 33). Вместе с тем, на отдельных слабонаклонных участках в ПТК, характеризующихся минеральными легкими почвами, при механических нарушениях развивается эрозия почв и образование овражной сети (см. прил. рис. 34). Случаи проявления - единичные и наблюдается на территориях Берегового и Северо-Часельского ЛУ.

Процессы восстановления растительного покрова после ландшафтно-деструкционного воздействия на исследованной территории варьируют в зависимости от ПТК. Можно выделить несколько типов сукцессионных рядов. На дренированных торфяниках на первой стадии в фитоценозах преобладают морошка *Rubus chamaemorus* и вейники *Calamagrostis holmii*, *C. langsdorffii*. На следующей стадии восстановления растительного покрова преобладают ерник *Betula nana*, кустарнички *Andromeda polypholia*, *Chamaedaphne calyculata* и политриховые мхи вида *Polytrichum strictum*, *P. commune*. В слабодренированных торфяниках происходят процессы вторичного заболачивания. Сукцессионный ряд в таких ПТК характеризуется формированием после механических нарушений осоково-пушицевых сообществ (*Eriophorum russeolum*, *E. scheuchzeri*, *Carex aquatilis*) с последующей сменой их на осоково-моховые (гипновые и сфагновые мхи). В тундровых ПТК на первой стадии восстановления растительности образуются фрагментарные группировки разнотравных сообществ (*Chamaerion angustifolium*, *Tripleurospermum inodorum*, *Equisetum arvense*), которые затем замещаются злаковыми (*Calamagrostis holmii*, *C. lapponica*, *Deschampsia borealis*, *Festuca rubra*). На дальнейшей стадии происходит формирование кустарниково-злаковых сообществ (*Calamagrostis holmii*, *Salix sp.*, *Betula nana*) с последующим появлением в растительном покрове бореальных кустарничков и мхов *Polytrichum strictum*. Сукцессионные ряды в лесных сообществах характеризуются образованием на начальной стадии восстановления фрагментарных разнотравных сообществ (*Chamaerion angustifolium*, *Equisetum sylvaticum*), которые замещаются злаковыми (*Calamagrostis holmii*, *C. lapponica*, *Deschampsia borealis*, *Festuca rubra*, *Arctagrostis latifolia*). В дальнейшем появляется подрост березы *Betula pubescens*, мохово-лишайниковый ярус представлен исключительно типичными

для нарушенных территорий севера Западной Сибири (Валеева, Московченко, 2001) бокальчатыми лишайниками *Cladonia deformis*, *C. pyxidata*, *C. coccifera*, *C. decorticate*, *Cetraria cucullata* и др., и формируются березняки ерничково-кустарничково-лишайниковые.

Отдельным видом нарушений ПТК при освоении месторождений можно считать лесные пожары. Основные причины их возникновения не связаны напрямую с работами по обустройству и эксплуатации промыслов. Однако главным фактором можно считать присутствие людей на территории ЛУ. Последствия пожаров различной давности обнаружены практически на всей территории Надым-Пур-Тазовского междуречья. Отмечается значительное нарушение как растительного, так и почвенного покровов (см. прил. рис. 35).

После пожаров восстановление коренных фитоценозов происходит медленно. Формируются лишайниковые и осоковые пятна с участием карликовой березки *Betula nana*, кипрея *Chamaenerion angustifolium*, вейников *Calamagrostis holmii*, *C. lapponica*. и др. После низового пожара быстро возобновляется ерник *Betula nana*. Кустарнички, особенно багульник *Ledum decumbens* и брусника *Vaccinium vitis-idaea* приобретают доминирующую роль. В травяно-кустарничковом ярусе отмечается появление пирогенных видов: толокнянки обыкновенной *Arctostaphylos uva-ursi*, хвоща лесного *Equisetum sylvaticum*, овсяницы овечьей *Festuca ovina*. В мохово-лишайниковом ярусе также усиливается роль пирогенных мхов *Polytrichum strictum*.

При повторяющихся пожарах в слабодренированных ПТК происходит вторичное заболачивание. В лесных сообществах на месте коренных фитоценозов формируются вторичные березовые моховые и лишайниковые сообщества (см. прил. рис. 36).

Последствия пожаров в хорошодренированных ПТК могут выражаться в резкой активизации эрозионных процессов. Водная эрозия способствует разрушению почвенного профиля и образованию оврагов (см. прил. рис. 37), а дефляция приводит к формированию специфических форм - «антропогенных раздувов» (см. прил. рис. 38). Растительный и почвенный покровы на данных участках не восстанавливаются.

Таким образом, можно сделать вывод, что на исследованной территории антропогенная нагрузка выражается в изменении ПТК, в первую очередь, вследствие механических нарушений. Эмиссионные воздействия проявляются только локально. Основными негативными последствиями можно считать процессы заболачивания и деградации растительного и почвенного покровов. Индикаторами антропогенной нагрузки на ПТК при освоении месторождений выступают: разрушение коренных сообществ (образование фрагментарных группировок, процессы олуговения и опустынивания фитоценозов, формирование вторичных сообществ, вторичное заболачивание. К индикаторам изменения ПТК в целом можно отнести: увеличение степени обводненности территории, возникновение термокарстовых явлений, ускорение эрозионных процессов и полная трансформация или деградация биогеоценозов.

ГЛАВА 5. ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПТК И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯНАО

Наиболее важной задачей геоэкологических исследований является оценка происходящих изменений в окружающей среде. Территория ЯНАО характеризуется разнообразием природных комплексов. Сложное мозаичное строение почвенного и растительного покровов, значительное изменение водного баланса, существенное различие глубин сезонной оттайки мерзлотных грунтов, естественная дифференциация химического состава почвообразующих пород обуславливают значительную вариабельность содержаний микроэлементов в компонентах ПТК. На исследованной территории происходят значительные сезонные колебания условий среды. Например, период активной вегетации может существенно смещаться. Сильная обводненность территории и преобладание снегового питания приводят к тому, что в летний период времени подвижность химических элементов меняется от года в год. При этом, наибольшая сложность возникает при проведении мониторинговых исследований, основанных на сравнительном анализе химического состава компонентов ПТК в различные годы.

Существенным аспектом оценки антропогенного воздействия на ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений в ЯНАО можно считать низкое содержание химических элементов в компонентах ландшафта. Зачастую, даже на сильно нарушенных территориях концентрации химических веществ не превышают нормируемые показатели и близки к фоновым значениям. Использование абсолютных величин концентрации поллютантов и сравнение их с нормируемыми показателями часто не позволяют достоверно выявить наличие и степень антропогенной нагрузки на ПТК, не дает возможность адекватно оценить уровни загрязнения на различных участках и определить их временную динамику.

На исследованной территории можно выделить две группы факторов антропогенного воздействия. Первая, связана с влиянием на ПТК при проведении геологоразведочных работ в прошлом. Вторая, приурочена к современному этапу освоения территорий ЛУ месторождений. Антропогенное воздействие выражается в изменении всех компонентов ПТК (рис. 5.1).

Несмотря на многообразие видов техногенной нагрузки, для ЛУ Надым-Пур-Тазовского междуречья по результатам исследований можно выделить несколько наиболее характерных. Основные виды эмиссионных воздействий связаны с: поступлением нефтепродуктов в водные объекты при аварийных разливах, сбросом пластовых вод и бурового шлама на поверхность почв и в водные объекты; поступлением загрязняющих веществ с площадок несанкционированного размещения твердых отходов и с коммунальными стоками от вахтовых поселков; локальным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, приуроченных к производственным объектам месторождений. В целом загрязнение на территории ЛУ ЯНАО проявляется локально.

Выявлены единичные случаи экстремально высоких концентраций поллютантов в компонентах ландшафта.

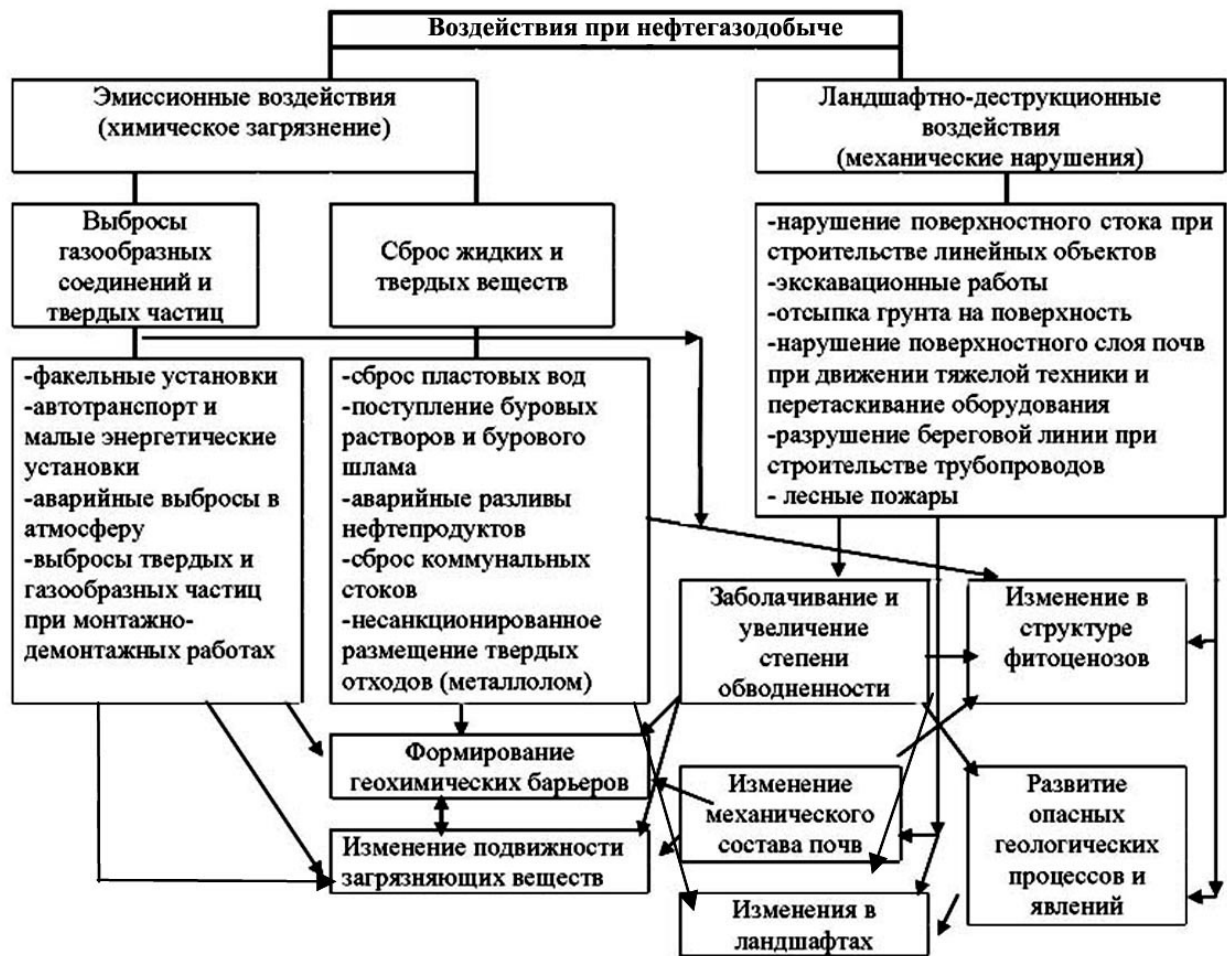


Рис. 5.1. Основные виды воздействий при освоении месторождений ЯНАО и их последствия

Ландшафтно-деструкционные виды воздействий при освоении месторождений ЯНАО выражаются в основном в механических нарушениях ландшафтов. К наиболее характерным можно отнести выемку и отсыпку грунта, разрушение поверхностного слоя почв и растительного покрова, вследствие движения тяжелой техники, нарушение поверхностного стока.

Основные последствия антропогенной нагрузки на ПТК при освоении месторождений ЯНАО характеризуются накоплением или увеличением подвижности загрязняющих веществ в компонентах ПТК, изменением в структуре фитоценозов, деградацией почвенного покрова и заболачиванием. Крайним проявлением техногенного воздействия выступает полное изменение в ландшафтной структуре.

Проведенные исследования позволяют выделить основные индикаторы антропогенной нагрузки, которые можно использовать для оценки степени воздействия, возникающего при освоении и разработке нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири, а также при проведении фоновой оценки и экологического мониторинга ЛУ месторождений.

Наиболее информативными показателями антропогенного воздействия на водные объекты при освоении месторождения служат: увеличение концентраций хлоридов, сульфатов, на-

трия, НУ, Ва и Си в водах рек и озер и рост (совместный) концентраций Сг, Си и НУ в озерах. В донных осадках нарушенных территорий - увеличение содержания НУ, Си и V в илистых отложениях. Увеличение в водах озер содержания минерального фосфора и аммонийного азота при отсутствии нитратных и нитритных его форм указывает на загрязнение вод коммунальными стоками с объектов инфраструктуры промыслов.

Индикаторами антропогенного воздействия на почвенный покров при освоении месторождения можно считать высокие концентрации Си, Pb, Ва и НУ, а также изменение кларков концентраций остальных микроэлементов. Отдельно стоит выделить Ва, который отсутствует в списке приоритетных ТМ при проведении экологического мониторинга. Из-за низкого уровня фитотоксичности Ва (500 мг/кг сухой массы) (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989) и геохимической инертности (Солнцева, 1983) считается, что повышенные концентрации его в почвах не опасны. Однако, не смотря на то, что даже повышенное содержание Ва не оказывает негативного влияния на растения, высокие концентрации Ва во всех компонентах ПТК является очень надежным индикатором антропогенной нагрузки при освоении месторождений.

При проведении экологического мониторинга и инженерно-экологических изысканий для веществ группы ПАУ приоритетным является определение бенз/а/пирена (СанПиН № 6229-91), однако при разработке месторождений основным веществом, определяющим общую концентрацию ПАУ, служит нафталин. Оценка содержания нафталина в почвах и донных отложениях наиболее точно отражает загрязнение ПТК при проведении буровых работ. Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина свидетельствует о загрязнении компонентов ПТК пластовыми водами.

В индикаторных видах растений показателями антропогенной нагрузки служит рост концентраций Си, Ва, Ni, Со и Pb, а также увеличение вариабельности как содержания ТМ, так и значения Кб. Индивидуальные особенности растений при техногенном воздействии характеризуются следующим: на участках освоения месторождений в лишайнике лучше всего накапливаются Ва, Mn, Си, Ni, Со, Pb, Cd и Hg, а в кустарничках – Ва, Си, Ni, Со, Pb, Сг. Наиболее информативными индикаторными видами растений при оценке антропогенной нагрузки при освоении месторождений являются лишайник *Cladonia alpestris* и багульник *Ledum decumbens*.

Одним из достоверных показателей наличия антропогенной нагрузки является изменение факторной структуры выборок загрязняющих веществ. При антропогенном воздействии меняется вес компонентов и происходит изменение в ассоциациях элементов, отвечающих за фактор (см. приложение табл. 39). В почвах нарушенных территорий увеличивается вес каждого из компонента, а в водных объектах и растениях наоборот – вес факторов снижается. Минимальные изменения в парагенезисах происходят в депонирующих средах, хорошо связанных с химическим составом подстилающих пород (донные осадки и иллювиальные горизонты почв).

Максимальные изменения характерны для поверхностных вод и индикаторных видов растений, где существенные изменения происходят уже в первом «породном» факторе.

Показателями ландшафтно-деструкционных воздействий на ПТК при освоении месторождений выступают изменения в биогеоценозах. Индикаторами механических воздействий на ПТК можно считать процессы вторичного заболачивания на нарушенных участках торфяников и процессы образования разнотравно-злаковых фитоценозов на выходах песчаных пород. При этом формирование растительного покрова носит фрагментарный характер.

Хорошим показателем нарушений поверхностного стока при строительстве линейных объектов выступает процесс образования вторичных заболоченных пушицевых сообществ. При полном блокировании стока индикаторами уже выступают процессы трансформации ПТК с образованием антропогенных аквальных комплексов.

Механические нарушения, связанные с движением тяжелой техники, хорошо прослеживаются по изменению ПТК. На дренированных участках образуются производные фрагментарные разнотравно-злаковые группировки на деградированных почвах. На слабодренированных участках происходит резкое и устойчивое заболачивание территории с образованием злаково-пушицевых и осоково-пушицевых сообществ. В торфяниках отмечается развитие криогенных процессов. Общим показателем механических нарушений при движении тяжелой техники можно считать увеличение обводненности территории.

Эксплуатационные работы приводят к полной трансформации ПТК. Происходит деградация растительного и почвенного покровов. Рекультивированные участки эксплуатационных работ характеризуются образованием вторичных злаковых или кустарниково-злаковых сообществ. Антропогенное воздействие, связанное с отсыпкой производственных площадок и дорог, выражается в увеличении концентрации Сг и Ва в лишайнике. Резкий рост концентраций минерального фосфора в водах рек является индикатором антропогенно инициированной водной эрозии как следствия значительных механических нарушений ландшафтов.

Индикаторами стародавних лесных пожаров выступают процессы трансформации ПТК и образования вторичных сообществ. На месте коренных лесных фитоценозов формируются вторичные березовые лишайниковые сообщества. На слабодренированных участках редины образуются лишайниковые и осоковые пятна с участием карликовой березки *Betula nana*, иван-чая *Chamaenerion angustifolium*. Крайними проявлениями последствий пожаров выступают процессы формирования специфических форм ПТК - антропогенных «раздувов». Растительный и почвенный покровы на данных участках не возобновляются.

Общими показателями механических нарушений можно считать образование фрагментарных группировок растительности, активизацию криогенных и эрозионных процессов, процессы заболачивания и опустынивания.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для адекватной оценки состояния ПТК и временной динамики антропогенного воздействия в районах нефтегазодобычи севера Западной Сибири необходимо использовать как абсолютные значения химического состава компонентов ПТК, так и относительные статистические показатели. Сопряженный анализ степени нарушенности ПТК и химического состава почв, растений, поверхностных вод и донных отложений, статистическая обработка результатов исследований, а так же оценка пространственного распределения содержания поллютантов в компонентах ландшафта позволяют выделить комплекс показателей антропогенной нагрузки (рис. 5.2.) (Арестова и др., 2006; Кукушкин и др., 2006, 2008, 2009, 2014; Опекунов и др., 2007, 2012, 2015, Опекунова и др., 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2015; Опекунова, Кукушкин, 2012).

Индикаторами техногенного загрязнения при освоении НГКМ можно считать увеличение содержания относительно значений регионального фона (РГФ) ряда загрязняющих веществ: хлоридов, сульфатов, натрия, минерального фосфора, НУ, Ва и Cu, в поверхностных водах, аммонийного азота в озерных водах, НУ, Cu и V в донных осадках, Cu, Pb, Ва и НУ в почвах, а так же Ва, Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, и Hg в лишайнике, Ва, Cu, Ni, Co, Pb, Cr в кустарничках относительно регионального кларка растений (РКР). Общими показателями антропогенной нагрузки выступают: преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина в пробах почв и донных отложений, рост вариабельности содержания микроэлементов в растениях, изменение факторной структуры содержания элементов во всех компонентах ПТК, образование фрагментарных группировок растений, процессы олуговения фитоценозов, формирование вторичных и производных сообществ, увеличение степени обводненности территории и вторичное заболачивание, процессы опустынивания, возникновение термокарстовых явлений, ускорение эрозионных процессов и полная трансформация или деградация ПТК.

Индикаторы антропогенной нагрузки на ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири				
Поверхностные воды:	Донные осадки:	Почвы:	Растения:	Ландшафтные/общие показатели
Увеличение содержания В реках: минерального фосфора > 2РГФ, сульфатов, хлоридов, натрия > 1,5 РГФ, НУ > 2РГФ или 0,5ПДКр.х.н., Cu > 3РГФ или 20ПДКрх.н., Ba > 2РГФ В озерах: сульфатов, хлоридов, натрия > 2РГФ, минерального фосфора и аммонийного азота > 2РГФ, при содержании нитратов и нитритов < 0,5РГФ, НУ > 2РГФ или 0,5ПДК р.х.н., Cu > 2РГФ или 3ПДКр.х.н., Ba > 2РГФ Изменение вод с гидрокарбонатно-кальциевого типа на натриево-хлоридный	Увеличение содержания НУ и V > 2РГФ, Cu > 3-4РГФ, Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина (50% и более)	Увеличение содержания в аккумулятивных (органиогенных) горизонтах: НУ > 3РГФ, Cu, Ba, Pb > 2РГФ В иллювиальных (минеральных) горизон-тах: НУ > 1,5 РГФ, Cu > 2-3РГФ, Ba, Pb > 2РГФ Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина (50% и более)	Увеличение содержания <i>В баяльнике Ledum desimbens и бруснике Vaccinium vitis-idaea:</i> Ba, Cu, Zn и Ni > 1,5РГФ, Co, Pb, Cr > 2 РГФ, <i>В лишайнике Cladonia alpestris:</i> Ba, Mn, Cu, Hg > 1,5РГФ, Ni, Co, Pb > 2РГФ 3-х кратное увеличение КБ Mn и Cu по сравнению с фоновыми значениями КБ во всех индикаторных видах растений Снижение проективного покрытия в сообществе по схеме лишайники → кустарнички → злаки → осоки	Ландшафтные/общие показатели Увеличение в индикаторных видах растений вариabельности содержания микроэлементов и значений КБ по сравнению с фоновыми ПТК в 2 и более раз. Проявление термокарста, активация эрозийных процессов. Образование фрагментарного растительного покрова. Опустынивание ландшафта с развитием разнотравно-злаковых сообществ (<i>Chamaerion angustifolium</i>, <i>Tripleurospermum inodorum</i>, <i>Equisetum arvense</i>, <i>Calamagrostis borealis</i>, <i>Festuca rubra</i>, <i>Arctagrostis latifolia</i>). Вторичное заболачивание с образованием осоково-пушицевых сообществ (<i>Eriophorum russeolum</i>, <i>E. scheuchzeri</i>, <i>Carex aquatilis</i>). Увеличение проективного покрытия <i>Polytrichum strictum</i> с одновременным снижением доли <i>Polytrichum commune</i>. Полная деградация биогенозов.

Рис. 5.2. Комплекс показателей изменения состояния ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили выделить основные виды антропогенных воздействий на ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО, оценить уровень техногенного загрязнения ЛУ, выявить природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование химического состава компонентов ландшафтов Надым-Пур-Тазовского междуречья, а также определить индикаторы антропогенной нагрузки на ПТК.

Основное влияние на формирование химического состава всех компонентов ПТК оказывают природные процессы:

1. Анионно-катионный состав вод рек Надым-Пур-Тазовского междуречья определяют природные зональные факторы, связанные с поступлением органического вещества с водосборных территорий, термическим и гидрологическим режимами водотоков. Гидрохимический состав озер Надым-Пур-Тазовского междуречья формируется под влиянием природных зональных и аazonальных факторов, связанных с поступлением органического вещества с водосборных территорий, трофностью водоемов, гидрологическими характеристиками озер, характером донных отложений водоемов. Ландшафтно-геохимические условия Надым-Пур-Тазовского междуречья, связанные с высокой подвижностью микроэлементов, приводят к интенсивному поступлению их в водные объекты из горных пород и почвенного покрова водосборных территорий, что и определяют высокий уровень содержания ТМ в поверхностных водах (Mn, Zn, Ni, Co, Cd, Hg, As и V).

2. Донные отложения водных объектов исследованной территории характеризуются низким содержанием микроэлементов, что связано с литогеохимическими особенностями Надым-Пур-Тазовского междуречья. Основными факторами, определяющими химический состав донных осадков, являются породный, литогенный и фациальный. Наиболее интенсивная аккумуляция микроэлементов и НУ характерна в торфянистых илах. Химический состав песчаных донных отложений определяется в первую очередь составом подстилающих пород. Как и в поверхностных водах, значительное влияние на микроэлементный состав осадков оказывает присутствие органического вещества в донных отложениях и степень его разложения.

3. Микроэлементный состав почв Надым-Пур-Тазовского междуречья характеризуется низкими концентрациями. Основными факторами, определяющими их химический состав, являются поступление ТМ из почвообразующих пород и механический состав почв. Значительное влияние на миграцию и аккумуляцию микроэлементов в почвах оказывает наличие органического вещества в поверхностных горизонтах. Контрастный мозаичный характер почвенного покрова определяет высокую вариабельность содержания микроэлементов в почвах Надым-Пур-Тазовского междуречья.

4. Несмотря на то, что растительный покров исследованной территории характеризуется

сложным комплексным и мозаичным строением, кустарнички Надым-Пур-Тазовского междуречья отличаются незначительной вариабельностью содержания микроэлементов в отличие от лишайников, для которых типичен большой разброс концентраций ТМ. Химический состав растений как нарушенных, так и фоновых территорий формируется, в первую очередь, под воздействием природных процессов. Основное влияние оказывают почвенный покров, состав и структура растительных сообществ, характер и увлажнение местообитания, фенологическая фаза. Индикаторные виды растений вне антропогенной нагрузки характеризуются низкими значениями Кб ТМ и наиболее активно аккумулируют Мп, Zn и Cu, кустарнички также интенсивно накапливают Ва. По характеру интенсивности аккумуляции микроэлементов они располагаются в ряд: *лишайник* > *багульник* > *брусника* > *голубика*.

Антропогенное воздействие на ПТК при освоении месторождений исследованной территории крайне разнообразно и выражается в изменении свойств всех компонентов ПТК:

1. Уровень техногенной трансформации водных объектов, почвенного и растительного покровов незначителен и проявляется крайне локально. Нарушенные ПТК и участки с повышенным содержанием ТМ, НУ и ПАУ в компонентах ландшафтов приурочены к объектам нефтегазовых промыслов. Загрязняющие вещества поступают в ПТК как с поверхностным стоком с производственных площадок (в первую очередь с площадок проведения буровых работ), так и с прямым поступлением буровых растворов, пластовых вод, бурового шлама, промывочных растворов и нефтепродуктов в водные объекты и на почвенный покров. Аэротехногенное загрязнение выражается в эмиссии поллютантов при функционировании факельных установок (УКПГ, кустовые площадки), монтажных/демонтажных работах, работе автотранспорта, строительстве производственных площадок и объектов инфраструктуры промыслов. Ландшафтно-деструкционные виды воздействий на ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья в основном связаны с механическими нарушениями ландшафтов. К наиболее характерным относятся: выемка и отсыпка грунта; разрушение почвенного и растительного покровов; нарушение поверхностного стока; инициация эрозийных процессов.

2. Техногенное загрязнение поверхностных вод сопровождается увеличением концентраций хлоридов, сульфатов, натрия, НУ, Ва и Cu в водах рек и озер и ростом (совместным) содержаний Cr, Cu и НУ в озерах. При антропогенной нагрузке отмечаются повышенные концентрации НУ, Cu и V в илистых донных осадках. Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина связано с загрязнением рек и озер пластовыми водами. В песках водных объектов Надым-Пур-Тазовского междуречья антропогенное загрязнение не выражено. Механические нарушения почвенного покрова при экскавационных работах приводят к увеличению содержания минерального фосфора в водах рек. Загрязнение поверхностных вод коммунальными стоками, поступающими от объектов инфраструктуры промыслов, характеризуются увеличе-

нием в водах озер концентраций минерального фосфора и повышенным содержанием аммонийного азота при отсутствии нитратных и нитритных форм азота.

3. Техногенное воздействие при освоении месторождений Надым-Пур-Тазовского междуречья, в основном, характеризуется поверхностным загрязнением почв. Антропогенная нагрузка сопровождается достоверным увеличением концентрации и аккумуляцией в органогенных горизонтах Cu, Pb, Ba и Hg. Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина свидетельствует о загрязнении почвенного покрова пластовыми водами или буровым шламом. Повышенное содержание Hg только в иллювиальных горизонтах связано со стародавним загрязнением при проведении работ по поисково-оценочному бурению в прошлом. Антропогенное воздействие при освоении месторождений может сопровождаться изменением кларков концентраций всего ряда микроэлементов (Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, Hg, As, V).

4. Растения нарушенных территорий характеризуются высокой вариабельностью как содержания микроэлементов, так и значений Кб. Антропогенное воздействие при освоении месторождений выражается в увеличении концентрации Ba, Cu, Ni, Co и Pb, во всех индикаторных видах растений. Биологические различия аккумуляции растениями микроэлементов характеризуется на нарушенных территориях интенсивным накоплением в лишайниках Ba, Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и Hg, а в кустарничках Ba, Cu, Ni, Co, Pb и Cr. Аэротехногенное загрязнение приводит к изменению значений Кб в первую очередь для Mn, Ba, Cu и Zn.

5. В целом механические нарушения на исследованной территории способствуют разрушению коренных сообществ и процессам заболачивания и опустынивания. На площадках проведения буровых работ отмечается разрушение естественных фитоценозов и образование вторичных осоково-пушицевых сообществ на нарушенных участках торфяников, на выходах песчаных пород формируются разнотравно-рудеральные и злаковые фитоценозы. Нарушение поверхностного стока проявляется в увеличении степени обводненности территории и образовании вторичных заболоченных пушицевых сообществ. В случае полного блокирования стока существующие ПТК трансформируются в антропогенные аквальные комплексы. Движение тяжелой техники на дренированных участках приводит к образованию фрагментарных разнотравно-злаковых группировок на деградированных почвах, а на слабодренированных происходит резкое и устойчивое заболачивание территории. В торфяниках механические нарушения способствуют активизации процесса «растепления грунтов» с последующим резким увеличением обводненности территории. Последствия лесных пожаров выражаются в формировании вместо коренных лесных сообществ - вторичных березовых лишайниковых. В ПТК с супесчаными почвами деградация растительного покрова приводит к интенсивной дефляции и образованию специфических форм ПТК - антропогенных «раздувов», где почвенный и растительный покровы не восстанавливаются.

Для оценки техногенного воздействия на ПТК севера Западной Сибири при освоении нефтегазоконденсатных месторождений, а также для проведения мониторинговых исследований наиболее целесообразно применять индикаторы антропогенной нагрузки. К общим индикаторам антропогенной нагрузки можно отнести такие показатели, как рост variability содержания микроэлементов в растениях, изменение факторной структуры содержания загрязняющих веществ, преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина в пробах почв и донных отложений, образование фрагментарных группировок растений, процессы олуговения фитоценозов, формирование вторичных и производных сообществ, увеличение степени обводненности территории и вторичное заболачивание, процессы опустынивания, проявления термокарста, ускорение эрозионных процессов, полная трансформация или деградация биогеоценозов. В водных объектах индикаторами техногенного загрязнения можно считать увеличение в поверхностных водах концентраций хлоридов, сульфатов, натрия, HУ, Ва и Cu, рост содержания в озерах минерального фосфора и аммонийного азота при отсутствии его нитратных и нитритных форм, увеличение в илистых донных осадках концентрации HУ, Cu и V. Индикаторами антропогенной нагрузки при освоении нефтегазоконденсатных месторождений выступают: увеличение содержания в обоих генетических горизонтах почв Cu, Pb, Ва и HУ, рост содержания Ва, Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и Hg в лишайнике *Cladonia alpestris*, Ва, Cu, Ni, Co, Pb и Cr в кустарничках *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*.

Таким образом, результаты диссертационного исследования могут быть применены для разработки и оптимизации программ экологического мониторинга ЛУ нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири. Полученные данные о концентрации химических веществ в компонентах ПТК возможно использовать для расчета значений регионального фона содержания поллютантов с учетом ландшафтно-геохимических особенностей территории Надым-Пур-Тазовского междуречья. Применение предложенных в работе индикаторов антропогенной нагрузки позволяет выявить, оценить уровень и временную динамику существующего и возможного техногенного воздействия на ПТК нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири.

Список литературы

1. Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. Загрязнение нефтью почв таежной зоны Западной Сибири. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. № 68. С. 45-55.
2. Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. Нефтяное загрязнение болот Западной Сибири. Природа. 2010. № 11. С. 14-24.
3. Агбалян Е.В., Хорошавин В.Ю., Шинкарук Е.В. Оценка устойчивости озерных экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа к кислотным выпадениям. Вестник Тюмен. гос.ун-та. Экология и природопользование. 2015. Т. 1. № 1 (1). С. 45-54.
4. Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В. Оценка зависимости концентраций тяжелых металлов от водородного показателя в малых озерах бассейна реки Надым. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6-3. С. 457-459.
5. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л. Гидрометеиздат, 1970. 413 с.
6. Александрова В. Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. (Комаровские чтения. XXIX.) Л.: Наука, 1977. 187с.
7. Алексеева-Попова Н.В. Клеточно-молекулярные механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам / Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов / Под ред. Н.В.Алексеевой-Поповой. Л: Ленуприздат. 1991. С. 5-15.
8. Арестова И.Ю., Опекунова М.Г. К проблеме загрязнения почв и растений тундр при разработке нефтегазовых месторождений // Геоэкологические аспекты функционирования хозяйственного комплекса Западной Сибири: Мат-лы Всерос. науч.-практич. конф. Тюмень, 2000.
9. Арестова И.Ю., Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю. Эколого-геохимическая оценка состояния природной среды в районах нефтегазодобычи. Доклады Межд. Научной конф. Москва 15-18 ноября 2006 г. Смоленск: Ойкумена, 2006. С. 41–42.
10. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа/ Редкол.: Л.И. Левинзон, А.В. Артеев, С.И. Ларин и др. Омск, Омская картографическая фабрика, 2004. - 303 с. : карты.
11. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области. Е-бург: Сред.-Урал. кн. Изд., 1996.
12. Барышева Д.А., Кремлева Т.А. Влияние кислотности и цветности на содержание тяжелых металлов (Al, Fe, Sr, Si, Mn, Cu, Zn, Cd) в малых озерах Западной Сибири. Труды второй международной научно-практической конференции молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», 25-28 апреля 2013 года: сборник статей. — М.: ООО «Буки Веди», 2013. — 480 с.
13. Бачурин Б.А, Авербух Л.М., Одинцова Т.А. Особенности нефтезагрязнения природных геосистем Западной Сибири//Горные науки на рубеже XXI века: Мат-лы Межд. конф. Ек-г: УрО РАН, 1998 . С. 400–408.

14. Бачурин Б.А., Одинцова Т.А. Проблемы диагностики и контроля нефтяных загрязнений природных геосистем. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 9-10/2005 С. 79-84.
15. Безносиков В., Кондратенко Б., Габов Д. Закономерности формирования состава полициклических ароматических углеводородов. Вестник ИБ, 2006 №6
16. Беус А. А, Грабовская Л. И., Тихонова Н. В. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976.
17. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Под ред. Р. Шуберта М.: Мир, 1988. 343 с
18. Богатырев Л.Г., Василевская В.Д. Биогеохимические особенности тундровых экосистем, Почвоведение, 2004. №12 С. 1462-1472
19. Булатов А.И. Макаренко П.П., Проселков Ю.М. Буровые промывочные и тампонажные растворы. Учеб. пособие для вузов//М.: Недра, 1999. 424 с.
20. Булатов В. И. Нефть и экология: научные приоритеты в изучении нефтегазового комплекса - Аналит. обзор (Сер. Экология. Вып. 72). - Новосибирск, 2004. - 155 с.
21. Быков И.Ю. Техника экологической защиты Крайнего Севера при строительстве скважин. – Л. Изд-во ЛГУ, 1991. 237 с.
22. Быкова О.Ю. Вильчек Г.Е. Экологическая цена северного газа// Энергия, экономика, техника, экология. – 1989. №21. С. 32- 35.
23. Вадецкий Ю. В. Бурение нефтяных и газовых скважин. Учеб. Для нач. проф. образ. – 4-е изд. – М.: Академия, 2008. – 352 с
24. Валеев Э.И., Московченко Д.В. Роль водно-болотных угодий в устойчивом развитии севера Западной Сибири. Тюмень, издательство ИПОС СО РАН, 2001. 229 с
25. Валеева Э.И., Московченко Д.В. Микроэлементный состав лишайников как индикатор загрязнения атмосферы на севере Западной Сибири//Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. – Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАН, ИОА СО РАН, 2000. С. 128-130.
26. Василевская В.Д. Григорьев В.Я., Погожева Е.А. Взаимосвязи характеристик почвенно-растительного покрова тундр как основа показателей его устойчивости, деградации и восстановления. Почвоведение, 2006. №3. С. 352–362.
27. Василевская В.Д., Иванов В.В. Почвы севера Западной Сибири. – М.: МГУ, 1986. 225с
28. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. 136 с.
29. Водяницкий Ю.Н. Соединения железа и биodeградация нефти в переувлажненных загрязненных почвах (обзор литературы). Почвоведение, 2011, №11. с. 1364-1374
30. Водяницкий Ю.Н., Савичев А.Т., Трофимов С.Я., Шишконокова Е.А. Металлы в загрязне-

- нном торфе (Зап. Сибирь). Бюлл-нь Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2011, вып. 67 с. 67-79.
31. Габов Д.Н., Безносилов В.А., Кондратенков Б.М., Полициклические ароматические углеводороды в техногенно-нарушенных почвах. Сборник докладов Международного экологического форума. / Под. Ред. Б.Ф. Апарина; Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, СПб; 2004
 32. Галактионов А.Ю., Когут Б.М., Кахнович З.Н. Содержание полициклических ароматических углеводородов и тяжелых металлов в почвах парков г. Москвы. Сборник докладов Международного экологического форума, / Под. Ред. Б.Ф. Апарина; Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, СПб; 2004 С. 157-160.
 33. Геокриология СССР. Западная Сибирь. – М. Недра. 1989. 454 с
 34. Герасимова М.И. География почв СССР. М. Высшая школа, 1987. 224 с
 35. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). Под ред. Ефремова А.И. М. Недра 1970. 432с
 36. Глазовская М. А. Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом, Почвоведение №4 1994 г. С. 110-120.
 37. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР, М. Выс. Шк. 1988
 38. Глазовская М.А. Пиковский Ю.И. Коронцевич Т.И. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче. Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. – М, Мысль, 1983
 39. Грановский Э.И., Хасенова С.К., Дарищева А.М., Фролова В.А. Загрязнение ртутью окружающей среды и методы демеркуризации, Алматы, 2001
 40. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М., 1997.
 41. Гусева Н.В., Копылова Ю.Г. Химический состав природных вод междуречья рр. Юньяхи и Ензоряхи (восточный склон Полярного Урала). Вест. Томского гос. ун-та. 2009. № 327.
 42. Дмитриев В.В, Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем; учеб. пособие. Наука, СПб, 2004.
 43. Добровольский В.В. Основные черты геохимии цинка и кадмия в биосфере // Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: Наука, 1992. 200 с.
 44. Добровольский В.В., География микроэлементов: Глобальное рассеяние М. Мысль, 1983
 45. Добровольский В.В., Основы биогеохимии, М. 2003
 46. Добровольский Г.В., Урусевская И.С., Розов Н.Н., Карта почвенно-географического районирования СССР. ГУПК, М. 1983, 1986
 47. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов, СПб. 2000
 48. Дьяконов К.Н. Влияние нефтедобычи на природную среду среднего Приобья. Региональный

географический прогноз. М. Изд-во МГУ, 1998

49. Евсеев А.В. Аэротехногенные металлы-поллютанты в ландшафтах Российской Арктики, Геохимия биосферы. Москва-Смоленск, 2006
50. Елин Е.С. Геоэкологическая роль фенольных соединений в Тюменском нефтегазовом регионе. Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. – Нижневартовск: НГПИ, ИОА СО РАН, 2000.
51. Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л. Гидрометеиздат, 1988, 535с
52. Западная Сибирь / Отв. Ред. Г.Д. Рихтер.М., 1963.
53. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: справочник в 6 кн./Под ред. Э.К. Буренкова. – М. Недра, 1994
54. Ильин В.В., Сысо. А.И. Почвенно-геохимические провинции в Обь-Иртышском междуречье: причины и следствия. Сибирский экологический журнал, №2, 2001.
55. Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины, Новосибирск, Наука, 1985.
56. Ильина И.С., Махно В.Д. Геоботаническое картографирование. Врезка на карте “Растительность Западно-Сибирской равнины”. М., ГУГК, 1976.
57. Ильницкий А.П. Канцерогенные углеводороды в почве, воде и растительности // Канцерогены в окружающей среде. М.: Гидрометеиздат, 1975.
58. Исаченко А. Г. Введение в экологическую географию. Изд-во СПбГУ, СПб, 2003
59. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989г.
60. Казанцева М.Н. Влияние нефтяного загрязнения на таежные фитоценозы Среднего Приобья. Автореферат дис. к.б.н. – Екатеринбург, 1994
61. Калабин Г.В., Моисеенко Т.И., Эмиссия, перенос и выпадение кислотных осадков в арктических регионах// Известия РАН, серия географическая, 2011, №5, с. 50-61
62. Капелькина Л.П. О естественном зарастании и рекультивации нарушенных Земель Севера. Успехи современного естествознания. 2012. № 11-1. С. 98-102.
63. Капелькина Л.П. Трансформация тундровых экосистем на нефтепромыслах Севера России. Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 1. С. 49-52.
64. Капелькина Л.П. Особенности установления региональных нормативов остаточного содержания нефти в почвах. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 3 (15). С. 102-107.
65. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова . Москва, Наука, 1985г.
66. Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав. Вест. Тюменского гос. ун-та.

Экология и природопользование. 2012. № 12. С. 80-89.

67. Кремлева Т.А., Паничева Л.П., Шавнин А.А., Барышева Д.А., Дину М.И. Оценка влияния основных природных и антропогенных факторов на формирование химического состава вод малых озер Западной Сибири статистическими методами. Вест. Тюменского гос. ун-та. Экология и природопользование. 2013. № 5. С. 7-21.

68. Кремлева Т.А., Шавнин А.А. Паничев С.А. Характер распределения микроэлементов в донных отложениях с низким содержанием органического вещества в озерах Западной Сибири. Вест. Тюменского гос. ун-та, 2014 №5, Химия. 26-35.

69. Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю., Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю. Комплекс признаков для фоновой оценки содержания НУ и ТМ в компонентах ПТК тундровых и лесотундровых зон нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО. В сборнике: Инновационный потенциал естественных наук Труды между. научной конференции. 2006. С. 162-165.

70. Кукушкин С.Ю., Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Арестова И.Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на компоненты геосистем при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири. Мат-лы IX межвузовской молод. научной конференции: школа экологической геологии и рационального природопользования, СПб, 2008

71. Кукушкин С.Ю., Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Арестова И.Ю. Загрязняющие вещества в поверхностных водах нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО. Мат-ы Хмежвуз-й молод. науч.конф. Школа экологической геологии и рационального природопользования, СПб, 2009

72. Кукушкин С.Ю., Широков М.Ю. Геоэкологическая оценка нарушенности территории Берегового нефтегазоконденсатного месторождения. Тезисы докладов III Всероссийская молодежная научная конференция «Естественнонаучные основы теории и методов защиты окружающей среды»/Под ред. К.Б. Грекова и А.Л. Рижинашвили. - СПб: СПбГУКиТ, 2014. - 72 с.

73. Лаверов Н.П., Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Фундаментальные аспекты рационального освоения ресурсов нефти и газа Арктики и шельфа России: стратегия, перспективы и проблемы. Арктика экология и экономика № 2 (22), 2016

74. Лазуков Г.И. Антропоген северной половины Западной Сибири. М. Изд-во МГУ, 1970

75. Лапшина Е.И. Растительность бассейна р. Таз в верхнем течении. Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири. –Новосибирск.: Наука, Сиб. Отд., 1978.

76. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М., Высшая школа, 1998.

77. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных и сточных вод. М. Химия. 1984

78. Мазур И.И. Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности. М., Недра, 1991.

79. Макеев О.В. Микроэлементы в почвах Сибири и Дальнего востока. – М. Наука, 1973

80. Манасыпов Р.М., Лим А.Г. Донные отложения термокарстовых озер плоскобугристых болот севера Западной Сибири. В сборнике: Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири Материалы III межд-ой научно-практической конф-ии. Ек-г, 2015.
81. Матусевич В.М. Ковяткина Л.А. Техногенные гидрогеологические системы нефтегазоносных районов Западной Сибири/Известия ВУЗов. Нефть и газ. 1997. №1. С. 41-46.
82. Михайлова Л.В. Современный гидрохимический режим и влияние загрязнений на водную экосистему и рыбное хозяйство Обского бассейна (обзор)// Гидробиологический журнал, 1991. Т27, №5. С. 80-90.
83. Михайлова Л.В. Уварова В.И. Бархович О.А. Особенности ионного состава и минерализации воды р. Об и некоторых ее притоков// Водные ресурсы, 1988, №3. С. 25-35.
84. Мовчан В. Н. Проблемы геоэкологии и проблемы взаимопонимания // Проблемы региональной геоэкологии: Мат-лы науч. сем-ра/ отв. ред. О. А. Тихомиров, А. Г. Емельянов. Тверь: Тверск. госуниверситет, 2000.
85. Мовчан В. Н. Теоретические проблемы региональной геоэкологии // Региональная экология. 2005. № 1–2. С. 7–15.
86. Мовчан В. Н. Рациональное природопользование и задачи геоэкологии // Сб. научн. работ 14 съезда РГО. 11–14 декабря 2010 г. СПб., 2010. Т. 4, часть1
87. Мовчан В.Н., Опекунова М.Г. Биогеохимические аспекты геоэкологических исследований. Вестник СПбГУ, сер7, 2002. вып3(23)
88. Мовчан В. Н. Геоэкология для рационального природопользования. Вест. СПбГУ. Сер. 7. 2015. Вып. 3
89. Моисеенко Т.И. Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М. Наука. 2010 268с.
90. Моисеенко Т.И., Калабин Г.В., Хорашавин В.В. Закисление водосборов арктических регионов// Известия РАН, серия географическая, 2012, №2, с. 49-58.
91. Моисеенко Т.И., Сандимиров С.С., Кудрявцева Л.П. Особенности эвтрофикации вод арктического региона.// Водные ресурсы, 2001. Т.28. №3.
92. Мониторинг нефти и нефтепродуктов в окружающей среде/Отв.ред.С.С.Злотский.Уфа, 1985.
93. Московченко Д.В. Нефтегазодобыча и окружающая среда, эколого-геохимический анализ Тюменской области, Новосибирск, Наука 1998
94. Московченко Д.В. Эколого-геохимическая характеристика почв на участках перспективного освоения полуострова Ямал, Москва 2006
95. Московченко Д.В Геохимия ландшафтов Западно-Сибирской равнины. автореферат диссертации на соискание ученой степени д.г.г./СПбГУ, СПб, 2010
96. 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.

97. Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири, //География и природные ресурсы. ИПОС СО РАН, Тюмень 2006, вып №1

98. Московченко Д.В. Влияние техногенных факторов на состав поверхностных вод в районах нефтедобычи Западной Сибири. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2006. № 6. С. 154-163.

99. Московченко Д.В. Гидрогеохимические особенности низовий рек Мессояха и Монгюрибей (Ямало-Ненецкий автономный округ) //Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып.4. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. С. 137-144.

100. Московченко Д.В. Экологическое состояние рек Обского бассейна в районах нефтедобычи. География и природные ресурсы, 2003, №1

101. Московченко Д.В. Эколого-геохимическое состояние водных объектов на территории заказника «Сургутский», Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения Вып 7 Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2007

102. Московченко Д.В., Артамонова Г.Н. Бабушкин А.Г. Особенности формирования гидрохимических аномалий в районах нефтедобычи на севере Западной Сибири. Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2008. № 5. С. 411-419.

103. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Нефтяное загрязнение поверхностных вод на территории ХМАО-ЮГРЫ//Экология и промышленность России. 2014. №4.С.34-38.

104. Московченко Д.В., Валеева Э.И. Содержание тяжелых металлов в лишайниках на севере Западной Сибири. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения.2011.№ 11.

105. Московченко Д.В., Моисеева И.Н., Хозяинова Н.В. Элементный состав растений Уренгойских тундр. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения Вып 12 Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2011

106. Мотычко В. В., Опекунов А. Ю., Константинов В. М., Андрианова Л. Ф.. Основные черты мофолитогенеза в северной части Обской губы. Вест. СПбГУ. Серия 7. 2011. № 1. С. 67-80.

107. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимические черты зональных подразделений долинно-таежного Обь-Иртышья/География почв и геохимия ландшафтов Сибири. Иркутск. ИГ СО РАН, 1988

108. Оборин А.А., Калачникова И.Г., Масливец Т.А. и др. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязнённых почв Предуралья и Западной Сибири // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем / Отв. Ред. М.А.Глазовская. М., 1988.

109. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г., Кукушкин С. Ю., Ганул А. Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в Ямало-Ненецком автономном окру-

ге // Вестник СПбГУ Сер. 7: Геология, география, 2012. № 4. С. 87-101

110. Опекунов А.Ю. Аквальный техноседиментогенез. Изд-во. Наука. 2005. 280с.

111. Опекунов А.Ю. Опекунова М.Г. Кукушкин С.Ю. Широков М.Ю. Оценка загрязнения почв отходами буровых работ на территории ЯНАО. Сборник публикации конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» Краснодар, Кубанский госагроуниверситет, 2015

112. Опекунов А.Ю. Экологическая седиментология: Учебное пособие. СПб.:Изд. СПбГУ, 2012.

113. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. // Оценка экологического состояния природной среды районов нефтегазодобычи ЯНАО, глава в колл.монографии || «Научные аспекты экологических проблем России» / Под общей ред. Ю.А. Израэля и Н.Г. Рыбальского. – М.: НИИ-Природа, 2012. - 349 с. 306-312 С.

114. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Щербаков В.М. Экологическая уязвимость природных комплексов Арктической зоны России.// Сб. статей «Российская Арктика: геологическое строение, минерагения, геоэкология».СПб, 2002. С.841-856.

115. Опекунова М. Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С. Ю. Анализ изменения ландшафтов севера Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи//Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всеросс. научн. конф. Москва, 2012.

116. Опекунова М. Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С. Ю. Антропогенная динамика тундровых экосистем Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи. Тюмень: изд-во ИПОС СО РАН, 2012. — 403-406 С.

117. Опекунова М. Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С. Ю. Принципы проведения инженерно-экологических изысканий в труднодоступных районах нефтегазодобычи Западной Сибири В кн. Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии. III межд. научной конф. Москва, изд-во МГУ, 2010.

118. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений. Учебное пособие. Изд-во СПбГУ, СПб, 2016

119. Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Щербаков В.М., Кучеров А.В., Ганул А.Г. Тяжелые металлы в почвах Уренгойского Севера. //Вестник СПбГУ. Сер. 7. 1997. Вып. 1(№ 7).

120. Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Щербаков В.М., Мещяреков В.Г., Ганул А.Г., Кучеров А.В.. Тяжелые металлы в растениях Уренгойского севера. Вест. СПбГУ, сер 7, 1998 вып 3.

121. Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю. Трансформация почв севера Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи // Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Кн. 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2012. С. 121-123

122. Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю. Оценка содержания нефтяных углеводородов в почвах газоконденсатных месторождений. Сборник тезисов конференции: «Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов, Пермь, 2005

- 123.** Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Доценко Т.А. Оценка воздействия нефтегазового комплекса на торфяники Севера Западной Сибири. Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы III международного полевого симпозиума, Ханты-Мансийск, 27 июня – 5 июля 2011 г. Новосибирск., 2011. С. 194-196.
- 124.** Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Широков М.Ю. О влиянии природных и антропогенных факторов на химический состав почв и растений севера Западной Сибири. География: развитие науки и образования. Коллективная монография по материалам ежегодной Международной научно-практической конференции LXVIII Герценовские чтения, посвященной 70-летию создания ЮНЕСКО, СПб, РГПУ им. А.И. Герцена, 22-25 апреля 2015 года / Отв. ред. В.П. Соломин, В.А. Румянцев, Д.А. Субетто, Н.В. Ловелиус. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2015.
- 125.** Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Арестова И.Ю. Кукушкин С.Ю. Особенности проведения фоновой оценки и экологического мониторинга нефтегазопромысловых работ в Арктике. / Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Выпуск 8. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23 марта 2006 г.) М.: ГЕОС, 2006. С. 49-57.
- 126.** Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Арестова И.Ю. Кукушкин С.Ю. Фоновая оценка участков нефтегазодобычи Уренгойской тундры. Труды XII съезда РГО. Т. 4. СПб, 2005.
- 127.** Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю. Геоэкологические аспекты освоения нефтегазовых ресурсов Севера Западной Сибири/ Международная научно-техническая конференция «Нефть и газ Арктики», Российский государственный университет нефти и газа им. И.М.Губкина, 27-29 июня 2006.
- 128.** Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Широков М.Ю. Оценка ландшафтно-экологического состояния территории Берегового нефтегазоконденсатного месторождения, ЯНАО. В сборнике: Ландшафтно-экологическое состояние регионов России материалы всероссийской научно-практической конференции. В.Б. Михно (ответственный редактор). Воронеж, 2015. С. 158-162.
- 129.** Опекунова М.Г., Шебеста А.А., Щербаков В.М., Арестова И.Ю., Ганул А.Г. Новые данные по загрязнению нефтепродуктами почв Уренгойского Севера.// Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 1998. Вып. 1 (№ 7).
- 130.** Опекунова, М.Г. Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю.. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 2007. Вып. 1.
- 131.** Опекунова, М.Г.; Опекунов, А.Ю.; Кукушкин, С.Ю.; Арестова, И.Ю. Фоновая оценка содержания тяжелых металлов в компонентах тундровых и лесотундровых ландшафтов и индикаторов

- торы антропогенной нагрузки как неотъемлемая часть структуры экологического мониторинга территорий нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири/Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: мат-лы V межд. науч.-практ. конф., Семей, 2008. Т. 3,
132. Орлов Д.С., Амосова Я.М. Методы контроля почв, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами // Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Под ред. Д.С.Орлова и В.Д.Васильевой. М., 1994.
 133. Основы геоэкологии/ под ред. В.Г. Морачевского. изд-во СПбГУ, СПб1994
 134. Осипов В. И. Геоэкология: понятие, задачи, приоритеты // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1997. № 1
 135. Паничева Л.П., Кремлева Т.А., Волкова С.С. Аккумуляция нефтепродуктов донными отложениями в фоновых водоемах Западной Сибири. Вест. Тюменского гос. ун-та. Экология и природопользование. 2013. № 12. С. 204-211.
 136. Парибок Т.А., Алексеева-Попова Н.В., Норин Б.Н Содержание микроэлементов в растениях лесотундры. Ботанический журнал. 1967. № 1. С. 13.
 137. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М., «ВНИРО», 1997
 138. Перельман А.И. Геохимия ландшафта М. 1975
 139. Петров К. М. Геоэкология. изд-во СПбГУ, СПб. 2004
 140. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем/Отв.ред.М.А.Глазовская.М., 1988
 141. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н. Чернянский С.С., Сахаров Г.Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, Почвоведение, 2003. №9
 142. Пиковский Ю.И., Исмаилов Н.М., Дорохова М.Ф. Основы нефтегазовой геоэкологии – М.: ИНФРА-М, 2015. 400 с.
 143. Подавалов Ю.А. Экология нефтегазового производства. М.:Инфра-Инженерия, 2010.416 с.
 144. Полкошников О.В., Сущенко В.А. Изменение растительности болот Саянских гор под влиянием инженерных сооружений // Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1981, No 4, с. 47–56.
 145. Поляков Н.А. Экологические аспекты рационального использования багульника болотного. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Томск, 2008, 18с.
 146. Посттехногенные экосистемы Севера. Наука, СПб, 2002
 147. Почвы СССР, под ред. Добровольского Г.В., М., 1979
 148. Природные условия освоения Тазовского нефтегазоносного района/Отв.ред. Б.Н.Лиханов. М., 1972.
 149. Раменская М.Л. Микроэлементы в растениях Крайнего Севера, Л., 1974
 150. Ребристая О.В. Хитрун О.В., Чернядьев И.В. Техногенные нарушения и естественное возобновление растительности в подзоне северных гипоарктических тундр п-ва Ямал// Ботаниче-

ский журнал, 1993 том 78, №3

- 151.** Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
- 152.** Сванидзе И.Г., Моисеенко Т.И., Якимов А.С., Соромотин А.В., Воздействие техногенного галогенеза на водосборные ландшафты речных долин и водные системы (на примере юга Тюменской области). Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 94.
- 153.** Свириденко С.П. Состояние поверхностных вод и донных отложений на участке реки Горный Полуи на территории Приуральяского района Ямало-Ненецкого национального округа. Вест. КрасГАУ. 2011. № 4. С. 51-53.
- 154.** Свириденко С.П., Питерских А.С. Экологическое состояние почвенного покрова на территории Приуральяского района ЯНАО. Вест. КрасГАУ. 2012. №4 с. 67-70
- 155.** Седых В.Н. Леса Западной Сибири и нефтегазовый комплекс. М.:Экология, 1996. – Вып. 1
- 156.** Селиванова Д.А. Пространственное распределение тяжелых металлов в донных отложениях Приполярного и Северного Урала (в пределах ХМАО-ЮГРЫ). Вестник Тюменского гос. университета, 2014. №4. Науки о Земле. с.49-58.
- 157.** Сивоконь И.С., Шор Е.Л. Анализ современного состояния природной среды в районе Ватинского нефтяного месторождения// Биологические ресурсы и природопользование. Сборник научных трудов. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. Пед. Ин-та, 1997. Вып. 1
- 158.** Смоляков Б.С. Проблема кислотных выпадений на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал- 2000. - №1.
- 159.** Солнцева Н.П. Геохимическая совместимость природных и техногенных потоков// ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. – М., Мысль, 1983
- 160.** Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998.
- 161.** Солнцева Н.П., Гусева О.Л., Горячкин С.В. Моделирование процессов миграции нефти и нефтепродуктов в почвах тундр// Вестник МГУ. Почвоведение. Сер 17. – 1996 №2.
- 162.** Солнцева Н.П., Пиковский Ю.И., Никифорова Е.М. и др. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами: геохимия, экология, рекультивация // Докл. имп. VII дел. съезда ВОП. Ташкент: Мехмат, 1985. Ч. 6. С. 246–254.
- 163.** Солнцева Н.П., Садов А.П. Закономерности миграции нефти и нефтепродуктов в почвах лесотундровых ландшафтов Западной Сибири, Почвоведение, 1998, №8.
- 164.** Соловов А. П., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых М.: Недра, 1990. 335 с
- 165.** Сорокина Е.П., Батрак И.Е., Дмитриева Н.К., Карпов П.К., Тюрин В.Н. Характеристика геохимического фона природной среды с учетом ландшафтно-геохимической структуры территории (Западная Сибирь), М. 2006.

- 166.** Соромотин А.В. Эколого-геохимические аспекты изучения зоны добычи нефти и газа на северо-востоке Западной Сибири. Сибирский экологический журнал №6, 2007
- 167.** Суздорф А.Р., Морозов С.В., Кузубова Л.И., Аншиц Н.Н., Аншиц А. Г. Полициклические ароматические углеводороды в окружающей среде: источники, профили и маршруты превращения. - Химия в интересах устойчивого развития, 1994, №2, с. 511-540
- 168.** Сысо А.И. Общие закономерности распределения микроэлементов в покровных отложениях и почвах Западной Сибири. Сибирский экологический журнал №3, 2004
- 169.** Сысо А.И. Васильев С.В. Смолещев Б.А., Сеньков А.А., Ландшафтно-геохимический анализ изменений природной среды в районах нефтедобычи. Сибирский экологический журнал №3, 2001
- 170.** Сысо А.И. Закономерности распределения микроэлементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2007. 277с
- 171.** Творогов В.А. Естественное зарастание нарушенных участков тундры в районе Ямбургского газоконденсатного месторождения (п-ов Тазовский), Ботанический журнал, 1993 том73, №11
- 172.** Тентяков М.П., Кузиванова С.В. Возможности биоиндикации нарушений растительного покрова при проведении буровых работ на нефтяных месторождениях Большеземельской тундры/Природопользование и охрана окружающей среды Тимано-Печерского ТПК. Сыктывкар, 1986.
- 173.** Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии/под редакцией Карцева А.А. М. Недра, 1992, 208с.
- 174.** Трофимов В.Т., Бадю Ю.Б., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г. Полуостров Ямал. (инженерно геологический очерк) – М. Издательство МГУ, 1975
- 175.** Тыртиков А.П. Восстановление леса после пожаров на севере Западной Сибири. Прогноз изменения природных условий Западной Сибири /Под ред. А.И. Попова, В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1988
- 176.** Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М.: Наука, 1979.
- 177.** Уварова В.И. Гидрохимическая характеристика водотоков Нижней Оби. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения Вып 11 Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2010
- 178.** Уварова В.И. Изменение гидрохимического режима и качества воды в Обском бассейне под влиянием хозяйственной деятельности/Гидробионты Обского бассейна в условиях антропогенного воздействия, сборник науч. трудов ГосНИОРХ, СПб, 1995, вып 327,с. 3-19
- 179.** Уварова В.И. Изменение качества воды р. Оби под влиянием антропогенных факторов. // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири: Материалы конф. По изучению водоемов Сибири. – Томск, 1996

- 180.** Уварова В.И. Оценка качества воды р. Пур. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения Вып 12 Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2011
- 181.** Уварова В.И. Оценка химического состава воды и донных отложений р. Надым. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып 11 Тюмень:Изд-во ИПОС СО РАН, 2010
- 182.** Уварова В.И. Современное состояние качества воды р.Оби в пределах Тюменской области /Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения.Вып.1.Тюмень:Изд.ИПОС СО РАН, 2000.
- 183.** Усенков С.М. Геоэкология и седиментология больших озер. автореферат диссертации на соискание ученой степени д.г.-м.н. СПбГУ, СПб, 2007
- 184.** Феленберг Г. – Загрязнение природной среды М. Мир, 1997
- 185.** Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Дело, 2006
- 186.** Хаустов А.П., Редина М.М. Экологический мониторинг: учебник для академического бакалавриата. М. Изд-во Юрайт, 2016. 637 с. Серия : Бакалавр. Академический курс.
- 187.** Хаустов А.П., Редина М.М. Полициклические ароматические углеводороды как геохимические маркеры нефтяного загрязнения окружающей среды. Экспозиция Нефть Газ. 2014. № 4 (36). С. 92-96.
- 188.** Хаустов А.П., Редина М.М. Трансформация нефтепродуктов как источник токсичных загрязнений природных сред. Экология и промышленность России. 2012. № 12. С. 38-44.
- 189.** Хаустов А.П., Редина М.М., Луценкова Е.О. Проблемы трансформации углеводородных загрязнений при аварийных разливах. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. № 6. С. 8-13.
- 190.** Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник/ Под ред. Д.С.Орлова, М.С.Малининой, Г.В. Мотузовой и др. М., 1991.
- 191.** Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. М.: Изд-во МГУ, 1985
- 192.** Хорошавин В.Ю., Ефименко М.Г. Исследование естественных процессов формирования химического состава поверхностных вод с целью оценки критических антропогенных нагрузок и устойчивости водных экосистем таежной зоны Западной Сибири. Вест. Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2014. № 12. С. 33-44.
- 193.** Чалышева А.В. Вторичные сукцессии растительных ландшафтов районов нефтедобычи (Возейское нефтяное месторождение, респ. Коми). Сибирский экологический журнал №4, 2002
- 194.** Шапатов Е.Н., Московченко Д.В.. Типология и динамика болотных экосистем северной тайги Западной Сибири в условиях воздействия нефтегазового комплекса (на примере природного парка Нумто) Сибирский экологический журнал №6, 2007
- 195.** Шахин Д.А. Телесина В.М. Техногенная трансформация растительного покрова Ванкорского нефтяного месторождения (северо-восток Западной Сибири) Бюллетень московского общества испытателей природы, отд. Биология, 2000 вып 5.

196. Шепелева Л.Ф., Кравченко И.В., Шепелев А.И., Шевелева О.А. Накопление микроэлементов растениями нефтезагрязненных территорий тайги Западной Сибири. Северный регион: наука, образование, культура №1, 2013 с. 32-39
197. Широков М.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Использование методов биоиндикации при оценке воздействия нефтегазодобычи на территорию Берегового НГКМ. Труды IV-ой межд. науч.-практ. конф. молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», 16-18 апреля 2015 года: сборник статей. М.: Буки-Веди. 157 с.
198. Шор Е.Л., Хуршудов А.Г. Оценка средних фоновых концентраций нефтепродуктов в почвах и поверхностных водах нефтяных месторождений Нижневартовского района // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. – Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000.
199. Экогеохимия Западной Сибири. Под ред. Полякова Г.В. Новосибирск. НИЦ ОИГГМ, 1996
200. Ялунин М.Д., Шевченко И.Н. Эффективность смазочных добавок к буровым растворам. Вестник Астраханского гос. технического университета. 2005. № 6. С. 204-207.
201. Ямало-Гыданская область (физико-географ. характеристика). Л.: Гидрометеиздат, 1977г.
202. Arestova I.Yu., Opekunova M.G., Kukushkin S.Yu. Environmental assessment of soil condition in the oil and gas exploration areas in the North of Western Siberia/Abstracts of Arctic Frontiers “Challenges for oil and gas development in the Arctic”, Tromsø, Norway, 20-25 Jan. 2008. p.52.
203. Bioremediation of petroleum-hydrocarbons in cold regions/ed. by Filler D.M., Snape I., Barnes D.L. - Cambridge: Cambridge University Press, 2008. - XXIV
204. Brown K.W., Donnelly K.C., Thomas J.C., Kampbell D. Degradation of soil applied organic compounds from three petroleum wastes// Waste Manag.Res. 1985. Vol.3, N 1.
205. Brown K.W., Donnelly K.C., Deuel L.E. Effects of mineral nutrients, sludge, application rate and application frequency on biodegradation of two oily sludges//Microbial Ecol. 1983. Vol.9.
206. Kristin V., Joris M. Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste. Environmental Pollution. 2003. Vol. 125
207. Kukushkin S. Modern approaches to the assessment of the anthropogenic load on the environment. Textbook, St. Petersburg, 2011. 62p
208. Opekunova M.G. Geoecological / environmental monitoring in the oil and gas producing regions Textbook, St. Petersburg, 201, 104 p.
209. Seaward M. R. D. Large-scale air pollution monitoring using lichens. GeoJournal. 1992, №4, P. 403-411.
210. Walker J.D. Chemical fate of toxic substances: Biodegradation of petroleum // Mar. Technol.Soc.J. 1984. Vol. 18, N 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1.

Содержание ТМ в почвообразующих породах Тюменской области, мг/кг

Элемент	1	2	3	4	5	6	Кларк литосферы (Виноградов, 1962)
Ba	814	н\д	н\д	220	215	541	650
Mn	939	1750	823	1764	2070	797	1000
Zn	64	85	39	44	39	73	85
Cu	50	25	26	18	18	31	47
Ni	72	41	183	29	27	42	58
Co	23	15	9	9	9	13	18
Pb	17	16	12	12	13	18	16
Cr	132	94	223	72	64	84	83
V	94	125	35	67	69	87	90

1 – Морские, прибрежно-морские и лагунно-морские отложения п-ова Ямал; 2 – ледниковые и водно-ледниковые отложения Самаровского оледенения; 3 – озерно-аллювиальные отложения, Обь-Иртышское и Тобол-Иртышское междуречья; 4 – аллювиальные отложения надпойменных террас, нижнее течение Тобола и Иртыша; 5 – современные аллювиальные отложения. (Московченко, 1998) 6) - покровные отложения Западной Сибири (Сысо, 2004)

Таблица 2.

Содержание ТМ в почвообразующих породах Обь-Иртышского междуречья (Ильин, Сысо, 2001)

Элемент	песок	легкие суглинки	средние суглинки	тяжелые суглинки	Кларк литосферы (Виноградов, 1962)
Mn	374	432	512	736	1000
Zn	28	32	60	83	85
Cu	13	15	28	47	47
Ni	17	22	36	46	58
Co	3,7	5,9	9,1	9,9	18
Cr	21	28	68	81	83
V	29	43	73	96	90

Таблица 3.

Фоновое содержание ТМ в морских глинах исследованной территории, мг/кг (Опекунов и др., 2012)

	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Ba	Pb	Hg
среднее	110	60	476	10	22	13	59	0,16	481	11,8	0,023
станд. откл.	82,8	20,5	300	4,05	6,8	3,16	18,2	0,1	114	2,61	0,008

Таблица 4.

Характеристика средней температуры воздуха по месяцам (метеостанция ПГТ Уренгой)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
температура	-26,4	-26,4	-19,2	-10,3	-2,6	8,4	15,4	11,3	5,2	-6,3	-18,2	-24,0	-7,8

Таблица 5.

Анионно-катионный состав поверхностных вод севера Западной Сибири (мг/л)

Участок	pH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	P мин	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сухой ос- таток
Фон, север Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	н/д	0,023	0,64	0,15	0,044	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
фон, Пур-Тазовское между-речье (Сорокина, и др., 2006)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	2	7	43	4,5	2,25	11,5		74
Западная Сибирь (Кремлева и др., 2012)	озера тундр и лесотундр	6,3	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	1,2	0,4	6,4	0,5	н/д
	озера северной тайги	5,4	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,4	0,1	4,8	0,4	н/д
реки ХМАО (Московченко, 2004)	7,0	н/д	н/д	н/д	н/д	5,7	7,7	49	16	6,9	14		н/д
заказник Сургутский (Московченко, 2007)	7,0	н/д	н/д	0,21	0,083	4,5	<10	66	30,2	8,8	13	7,6	143
ПДКв.р.х.н		0,08	40	0,5	0,15	100	300		180	40	120	50	

Таблица 6.

Содержание микроэлементов в поверхностных водах севера Западной Сибири, мкг/л

	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
фон для вод севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	3	19,3	16	12	2,3	0,5	4,1	4,1	1,7	0,04	1,4	0,7
фон, Пур-Тазовское между-речье (Сорокина, и др., 2006)	0,7	2,9	0,25	0,1	0,5	0,07	0,08	н/о	0,07	н/д	н/д	0,04
Сургутская низменность (Сорокина, и др., 2006)	н/д	7	1,2	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
малые озера бассейна р. Надым (Агбалян, Шинкарук, 2015)	н/д	12	13	4	3	<1	1	<0,1	2	<0,05	н/д	н/д
малые фоновые озера Западной Сибири (Кремлева и др., 2014)	н/д	3	0,3	0,2	н/д	н/д	н/д	н/д	708	н/д	23	11
Кларк речных вод (Соловов и др., 1990)	30	10	20	7	2,5	0,3	1	0,2	1	0,07	2	1
ПДК р.х.н	740	10	10	1	10	10	6	5	20	0,00001	10	1

Таблица 7.

Содержание микроэлементов в почвах севера Западной Сибири, мг/кг.

Тип почв/район	гор.	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Фон для почв севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	A	20	50	27	16	9	1,6	5,7	0,12	1,2	0,09	0,5	2,7
	B	5	12	8	3	3	1,1	1,9	0,10	0,8	0,03	0,4	1,8
Пурская низменность (Сысо, 2004)	AB	н/д	н/д	н/д	10	14	2	10	н/д	60	н/д	н/д	50
Торфянисто-глеевые, Бованенковское месторождение п-ов Ямал, (Московченко, 1998)	A	1360	2050	68	36	55	26	19	н/д	131	н/д	н/д	84
	B	1403	1203	67	38	54	14	23	н/д	137	н/д	н/д	102
Торфяно-болотные, Бованенковское месторождение п-ов Ямал, (Московченко, 1998)	A	2000	2600	100	50	60	30	30	н/д	120	н/д	н/д	80
	B	1200	1200	20	80	40	60	20	н/д	150	н/д	н/д	80
Аллювиальные дерново-слоистые, Бованенковское месторождение п-ов Ямал, (Московченко, 1998)	A	1500	1500	40	30	80	10	15	н/д	120	н/д	н/д	100
	B	1500	1500	30	50	60	20	15	н/д	150	н/д	н/д	100
Иллювиально-железистые подзолы, Тюм. обл, (Московченко, 1998)	A	385	5670	132	18	7,3	2,8	72	н/д	72	н/д	н/д	45
	B	282	1220	51	18	12,7	6,3	12	н/д	91	н/д	н/д	29
Пур-Тазовское междуречье, (Сорокина и др., 2006)	B	180	610	94	33	17	11	14	н/д	71	н/д	н/д	114
Почвы Западной Сибири (Ильин, 1987)	н/д	1060	85,5	33,8	25,9	15,6	16,4	н/д	59,5	н/д	н/д	74,4	
Кларк литосферы (Виноградов 1962)	650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90	

А- аккумулятивный горизонт почв, В- иллювиальный горизонт почв, АВ – среднее 0-20см, н/д – нет данных

Таблица 8.

Содержание микроэлементов в индикаторных видах растений севера Западной Сибири, мг/кг сухого вещества

участок	вид	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Надымский район (Хренов, 1993)	1	н/д	63-92	н/д	2,5-3,5	2,5-4,6	0-0,2	2-10	н/д	4-5	н/д	н/д	н/д
П-ов Ямал, (Валеева, Московченко, 2000).	1	н/д	65	н/д	н/д	0,9	0,17	0,73	н/д	0,83	н/д	н/д	н/д
Парк «Нумто» (Валеева, Московченко, 2001, 2002)	1	н/д	21	8	1,2	0,5	0,08	3,3	0,08	1	н/д	н/д	н/д
Север Евразии (Евсеев, 2003)	1	н/д	н/д	15	1,5	1	0,2	2,0	0,2	н/д	н/д	н/д	н/д
Север Западной Сибири (Московченко, Валеева, 2011)	1	н/д	37	17	1,8	0,9	0,2	4,5	0,1-0,28	1,4	н/д	н/д	н/д
Фоновые районы Арктики (Евсеев, 2006)	1	7	н/д	н/д	15	1,5	1,0	0,2	2,0	0,2	н/д	н/д	н/д
Север Западной Сибири (Опекунова и др., 2015)	1	13	69	17	5	1,7	0,4	2,2	0,10	1,8	1,1	13	69
	2	110	1165	29	7	2,3	0,2	1,1	0,08	1,0	0,6	110	1165
	3	72	1447	27	7,4	0,9	0,12	0,67	0,04	0,4	0,2	72	1447
	4	207	157	17	5	1,6	0,2	5,8	0,09	0,7	0,7	207	157
	6	94	1067	50	7	2,8	0,1	1,4	0,21	0,6	<0,3	94	1067
Бованенковское м-е, (Московченко, 1998)	5	14	350	62	3	1,2	0,6	0,5	н/д	0,4	н/д	н/д	н/д
Уренгойские тундры (Московченко и др., 2011)	2	н/д	519	21	5	1,6	0,1	1,3	0,11	0,59	0,01	0,12	н/д
Фон для растений севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	1	17	171	15	1,4	0,7	0,2	2,5	0,1	0,4	0,03	0,13	0,4
	2	79	1136	30	4,6	1,6	0,3	1,5	0,5	0,4	0,04	0,05	0,3
	3	55	1355	24	3,6	1,0	0,2	1,3	0,05	0,6	0,02	0,04	0,2
Кларк растений суши (Добровольский, 2003)	22,5	205	30	8	2	0,5	1,25	0,035	1,8	н/д	н/д	1,5	

1 – лишайник *Cladonia alpestris*; 2 – багульник *Ledum decumbens*; 3- брусника *Vaccinium vitis-idaea*; 4 – корка лиственницы *Larix sibirica*; 5 - ива *Salix glauca*; 6 – голубика *Vaccinium uliginosum*



Рис. 1. Производственные объекты нефтегазо-конденсатных месторождений, Кынско-Часельский ЛУ (фото автора).



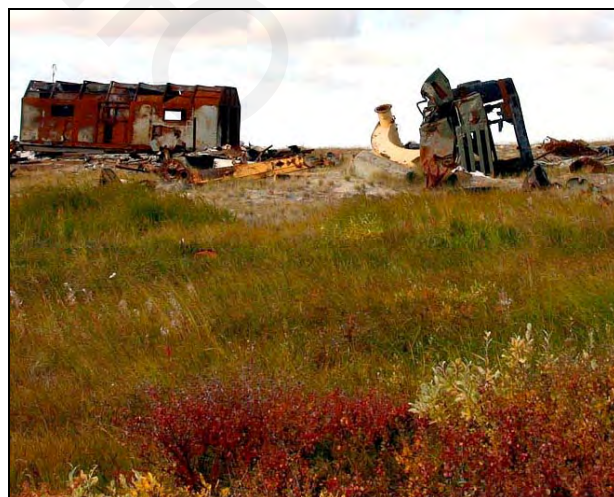
Рис. 2. Площадка поисково-оценочного бурения, Северо-Парусовый ЛУ (фото автора).



Рис. 3. Разрушение обваловки заполненного шламового амбара и поступление бурового шлама на прилегающую территорию, Пырейный ЛУ (фото автора).



Оставленная буровая на участке геологоразведочного бурения, Парусовый ЛУ



Металлолом на территории Западно-Песцового ЛУ

Рис. 4. Захламление территории ЛУ вследствие геологоразведочных работ в прошлом (фото автора).



Рис. 5. Вторичное пушицевое сообщество на антропогенно нарушенной территории вблизи разведочной буровой, Юрхаровский ЛУ (фото автора)



Рис. 6. Полная трансформация и деградация естественного покрова, территория действующего карьера в долине р. Часельки на Кынско-Часельском ЛУ (фото автора).



Рис. 7. Вторичное вейниково-осоковое сообщество на нарушенном участке проведения буровых работ, Северо-Парусовый ЛУ (фото автора)



Рис. 8. Вездеходная трасса, Западно-Яряхинский ЛУ (фото автора)



Рис. 9. Вездеходная трасса, Пырейный ЛУ (фото автора)



Рис. 10. Вторичное осоково-пушицевое сообщество, Самбургский ЛУ (фото автора)



Рис. 11. Вторичная растительность, Береговой ЛУ (фото автора)



Рис. 12. Гибель растительности вследствие подтопления территории из-за строительства дороги, Береговой ЛУ (фото автора)



Рис. 13. Разрушение береговой линии р. Малая Хадырьяха в месте пересечения ее трубопроводом, Береговой ЛУ (фото автора)



Рис. 14. Устье ручья, с признаками углеродного загрязнения, Юрхаровский ЛУ (фото автора).



Рис. 15. Буровые растворы на поверхности почвы, Северо-Часельский ЛУ (фото автора).

Таблица 9.

Анионно-катионный состав поверхностных вод исследованных участков (мг/л)

Участок	pH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P мин	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сухой остаток	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Юрхаровский ЛУ (n=28)	н/о	н/о	0,030	н/о	0,027	0,6	2,0	н/д	3,5	1,9	н/д	н/д	51	
Кынско-Часельский ЛУ (n=10)	5,8	0,005	0,072	н/о	0,066	1,6	4,4	н/д	8,8	3,2	3,0	0,6	60	
Северо-Пуровский ЛУ (n=21)	6,8	0,012	0,106	0,251	0,078	0,8	1,8	н/д	2,3	1,1	4,0	0,6	56	
Западно-Ярояхинский ЛУ (n=28)	5,9	0,008	0,155	0,202	0,031	1,8	3,4	н/д	1,3	0,6	2,9	0,9	64	
Надымский ЛУ (n=30)	5,9	0,062	0,154	0,100	0,071	1,2	1,7	н/д	3,7	1,4	3,2	1,6	53	
Западно-Песцовый ЛУ (n=31)	5,9	0,079	0,274	0,112	0,020	2,6	1,6	12,7	2,9	1,1	2,0	0,7	52	
Северо-Парусовый ЛУ (n=37)	6,7	0,008	1,641	0,087	0,022	2,8	2,4	24,9	3,6	1,2	2,0	0,7	56	
Южно-Парусовый ЛУ(n=20)	6,9	0,007	1,188	0,056	0,028	2,7	2,2	21,2	2,6	0,8	2,1	0,7	56	
Северо-Самбургский ЛУ(n=26)	6,5	0,012	1,407	0,048	0,020	3,0	1,9	21,6	3,3	0,9	1,8	0,6	51	
Тазовско-Заполярный ЛУ (n=33)	6,5	0,079	0,983	0,059	0,018	2,8	1,7	12,9	3,0	1,0	2,0	0,6	51	
Хадыряхинский ЛУ (n=18)	н/д	н/д	0,738	0,886	0,174	2,8	0,7	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	
Береговой ЛУ (n=23)	6,6	н/д	0,152	0,179	0,057	3,4	4,6	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	
Пырейный ЛУ (n=22)	5,5	н/д	0,321	0,265	0,016	3,4	5,0	6,2	3,5	0,5	4,0	0,3	46	
Яро-Яхинский ЛУ (n=22)	5,4	0,005	0,971	0,273	0,026	2,0	1,7	6,1	3,9	1,7	1,9	0,5	55	
Северо-Часельский ЛУ (n=20)	6,1	0,003	1,131	0,166	0,088	4,4	1,0	21,1	7,2	1,6	4,7	0,5	69	
Самбургский ЛУ (n=29)	5,4	0,107	0,020	0,146	0,023	1,9	1,2	4,4	1,8	1,1	1,6	0,4	44	
фон север Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	н/д	0,023	0,64	0,15	0,044	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	
фон, Пур-Тазовское междуречье (Сорокина, и др., 2006)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	2	7	43	4,5	2,25	11,5		74	
озера Пуровского р-на (Агбалин и др., 2015)	5,8	н/д	н/д	н/д	н/д	1,3	0,3	н/д	2,4	0,3	0,4	0,1	н/д	
междуречье рр. Юньяхи и Энзорьяхи (Гусева, Копылова, 2009)	реки	6,9	н/д	н/д	н/д	н/д	1,8	0,4	65	11	4,2	2,0	0,2	80
	озера	7,3	н/д	н/д	н/д	н/д	0,2	0,3	57	5,4	3,7	2,0	0,3	57
Западная Сибирь (Кремлева и др., 2012)	озера тундр и лесотундр	6,3	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	1,2	0,4	6,4	0,5	н/д	
	озера северной тайги	5,4	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,4	0,1	4,8	0,4	н/д	
устье р. Надым (Уварова, 2010)	7,0	<0,006	0,08	0,34	0,083	5,8	5,7	26,8	2,4	2,9	8,3		52	
р. Правая Хетта (Уварова, 2010)	6,9	<0,006	0,06	0,35	0,099	4,8	3,9	24,4	2,0	2,2	7,6		45	
р. Пур в районе рек Айваседо-пур и Пяку-Пур (Уварова, 2011)	7,0	<0,006	0,24	0,22	0,036	4,8	5,7	48,8	5,0	1,8	15,2		81	
дельта р. Пур, (Уварова, 2011)	6,7	<0,006	0,03	0,44	0,033	3,8	4,2	24,4	1,0	1,2	9,8		44	
реки ХМАО (Московченко, 2004)	7,0	н/д	н/д	н/д	н/д	5,7	7,7	49	16	6,9	14		н/д	

окончание таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
р. Обь, 0,5км выше г.Салехард (Уварова, 2010)	7,2	<0,006	0,19	0,39	0,099	7,7	7,1	73,2	12,0	6,32	10,1		116
р. Монгарюбей, Юрха- ровский ЛУ (Московчен- ко, 2003)	5,9	<0,02	н/д	0,21	0,030	2,4	2,4	н/д	2,19	1,15	0,64	н/д	н/д
заказник Сургутский (Московченко, 2007)	7,0	н/д	н/д	0,21	0,083	4,5	<10	66	30,2	8,8	13,1	7,6	143
р. Обь, пос. Белогорье (Уварова, 1989)	6,9	0,015	0,060	1,46	0,1	11	7,2	н/д	24,8	5,7	20,2		н/д
ПДКв.р.х.н		0,08	40	0,5	0,15	100	300		180	40	120	50	

н/о – не определялось

н/д – нет данных

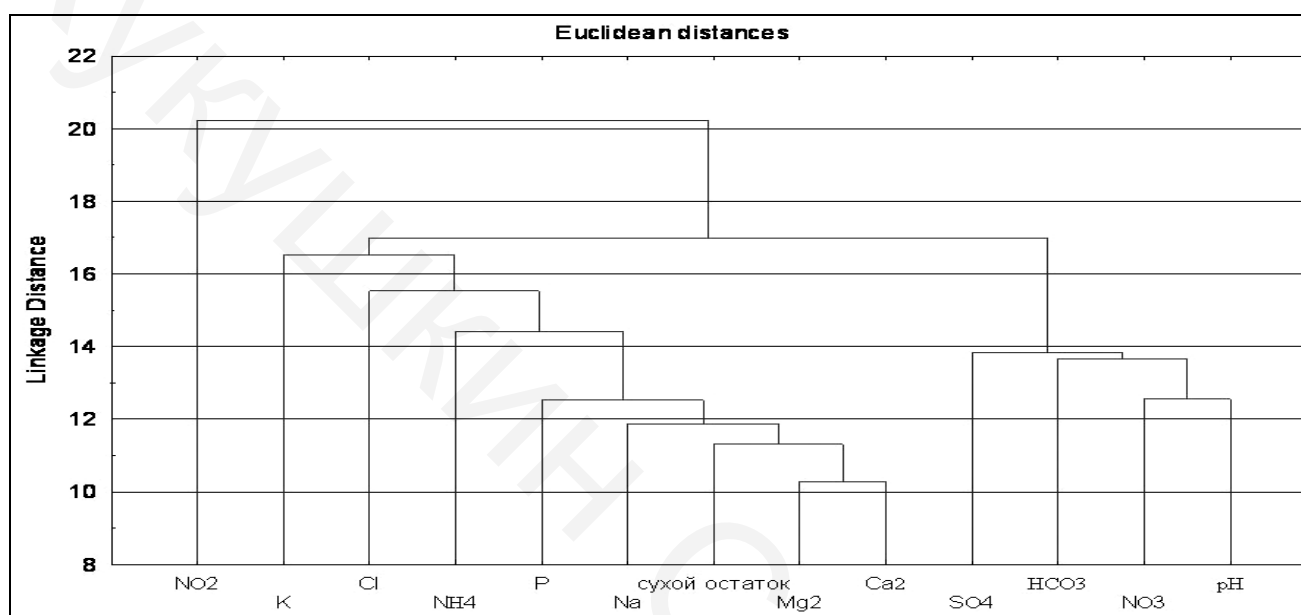


Рис. 16. Иерархическое дерево распределения гидрохимических показателей для объединенной выборки по поверхностным водам исследованной территории (метод древовидной кластеризации).

Таблица 10.

Факторная структура обобщенной выборки для поверхностных вод исследованной территории

Показатель/фактор	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
pH	-0,38	0,56	0,15	-0,08	0,28	0,15	0,16	0,47	0,09	0,38
NO₂⁻	0,35	0,04	-0,61	0,51	0,05	0,32	0,26	-0,05	-0,12	0,07
NO₃⁻	-0,33	0,56	-0,07	-0,33	-0,16	0,13	0,28	-0,48	0,21	-0,08
NH₄⁺	-0,01	-0,49	-0,08	-0,42	-0,45	0,49	-0,07	0,04	0,17	0,29
P мин.	-0,53	-0,19	-0,19	0,01	0,45	0,52	0,11	0,04	0,07	-0,30
SO₄²⁻	-0,31	0,48	-0,40	0,39	-0,26	0,04	-0,44	-0,10	0,05	0,20
Cl⁻	-0,32	-0,03	0,25	0,42	-0,61	0,01	0,41	0,24	0,09	-0,19
HCO₃⁻	-0,63	0,44	0,38	0,03	-0,02	0,10	-0,08	-0,08	-0,13	-0,09
Ca²⁺	-0,69	-0,13	-0,46	-0,10	0,04	-0,32	0,01	-0,03	0,11	0,04
Mg²⁺	-0,62	-0,30	-0,36	-0,09	0,02	-0,37	0,30	0,06	0,03	0,10
Na⁺	-0,58	-0,35	0,16	0,28	0,06	0,04	-0,40	0,04	0,33	-0,12
K⁺	-0,31	-0,41	0,46	0,36	0,19	0,03	0,19	-0,40	-0,07	0,39
Сухой остаток	-0,67	-0,13	-0,07	-0,16	-0,18	0,12	-0,12	0,04	-0,61	-0,03
Вес фактора, %	23	13	11	9	8	7	7	5	5	5

Таблица 11.

Факторная структура гидрохимических показателей в реках исследованной территории

F I 27%	Ca^{2+}_{81} Сухой остаток Mg^{2+}_{74} P_{56} $\text{HCO}_3^{-}_{55}$ Na^{+}_{48} K^{+}_{38} pH_{35} Cl^{-}_{35} $\text{SO}_4^{2-}_{30}$ $\text{NO}_3^{-}_{26}$
	$\text{NO}_2^{-}_{54}$
F II 17%	Cl^{-}_{86} $\text{SO}_4^{2-}_{73}$ Na^{+}_{67} $\text{HCO}_3^{-}_{38}$ $\text{NO}_3^{-}_{29}$
	F III 12% pH_{62} $\text{NO}_3^{-}_{52}$ $\text{HCO}_3^{-}_{37}$ $\text{NH}_4^{-}_{58}$ $\text{NO}_2^{-}_{36}$ Mg^{2+}_{33}
F IV 8%	$\text{NH}_4^{-}_{55}$ $\text{NO}_3^{-}_{45}$ K^{+}_{63} $\text{NO}_2^{-}_{31}$
	F V 7% $\text{P}_{\text{min}72}$ $\text{HCO}_3^{-}_{32}$ Mg^{2+}_{36}
	F VI 6% $\text{NH}_4^{-}_{34}$ pH_{32} $\text{NO}_2^{-}_{50}$

Таблица 12.

Факторная структура гидрохимических показателей в озерах исследованной территории

F I 21%	$\text{HCO}_3^{-}_{81}$ $\text{NO}_3^{-}_{66}$ pH_{61} $\text{SO}_4^{2-}_{57}$ сухой остаток Na^{+}_{42} $\text{P}_{\text{miner}41}$ Ca^{2+}_{34}
F II 13%	$\text{NO}_2^{-}_{61}$ $\text{SO}_4^{2-}_{42}$ $\text{NO}_3^{-}_{39}$ Na^{+}_{65} K^{+}_{53} сухой остаток Ca^{2+}_{36}
	F III 12% $\text{P}_{\text{min}63}$ $\text{NH}_4^{-}_{56}$ Mg^{2+}_{48} $\text{NO}_2^{-}_{39}$ Ca^{2+}_{36} $\text{HCO}_3^{-}_{36}$
F IV 8%	Ca^{2+}_{46} Mg^{2+}_{37} $\text{Cl}_2^{-}_{57}$ $\text{NO}_2^{-}_{56}$
	F V 9% Mg^{2+}_{32} K^{+}_{35} $\text{NH}_4^{-}_{71}$ сухой остаток Ca^{2+}_{52}
F VI 8%	$\text{P}_{\text{min}34}$ K^{+}_{32} pH_{31} $\text{NH}_4^{-}_{23}$ Ca^{2+}_{50} Na^{+}_{39} Cl^{-}_{37} $\text{SO}_4^{2-}_{25}$
	F VII 6% сухой остаток Ca^{2+}_{56} Cl^{-}_{34} Na^{+}_{36}
F VIII 6%	pH_{55} сухой остаток Ca^{2+}_{39} $\text{NO}_3^{-}_{30}$
	F IX 5% сухой остаток Ca^{2+}_{39} $\text{NH}_4^{-}_{31}$ $\text{NO}_3^{-}_{30}$
	F X 5% Ca^{2+}_{45} K^{+}_{33} Mg^{2+}_{39}

Таблица 13.

Содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах исследованных участков (мкг/л)

участок	HY	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Юрхаровский ЛУ (n=28)	62	24	23	42	45	3	0,2	3,6	0,11	0,7	0,012	0,7	1,1
Кыноско-Часельский ЛУ (n=10)	32	8	20	14	63	6	1,1	5,0	0,25	1,4	0,017	0,4	1
Северо-Пуровский ЛУ (n=21)	34	3	37	50	2	9	1,0	12,8	0,38	0,4	0,010	0,7	<1
Западно-Ярояхинский ЛУ (n=28)	31	3	14	55	28	3	1,5	3,8	0,13	1,3	0,013	0,3	0,3
Западно-Песцовый ЛУ (n=31)	13	3	37	9	9	<1	0,6	1,3	0,43	2,3	0,087	2,2	<1
Северо-Парусовый ЛУ (n=37)	16	3	10	5	<1	<1	0,5	3,0	0,48	2,4	0,048	2,8	<1
Южно-Парусовый ЛУ (n=20)	12	3	10	5	<1	<1	0,5	2,7	0,44	2,6	0,042	3,3	<1
Северо-Самбургский ЛУ (n=26)	13	3	8	5	<1	<1	0,5	2,6	0,57	2,7	0,059	2,9	<1
Тазовско-Заполярный ЛУ (n=33)	15	3	36	10	6	<1	0,4	1,5	0,43	2,6	0,099	1,7	<1
Хадыряхинский ЛУ (n=18)	50	н/д	13	6	31	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Береговой ЛУ (n=23)	16	н/д	8	6	1	н/д	н/д	0,2	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Пырейный ЛУ (n=22)	<5	43	18	9	15	11	0,4	0,6	<0,02	0,2	<0,01	<0,5	<0,5
Яро-Яхинский ЛУ (n=22)	23	3	9	7	7	<1	0,6	2,1	0,45	2,4	0,033	2,2	<1
Северо-Часельский ЛУ (n=20)	25	3	9	8	6	<1	0,5	1,8	0,45	2,7	0,041	2,5	<1
Самбургский ЛУ (n=29)	23	2	9	8	5	<1	0,3	2,0	0,38	2,5	0,044	2,1	<1
фон для вод севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	23	3	19,3	16	12	2,3	0,5	4,1	4,1	1,7	0,04	1,4	0,7
фон, Пур-Тазовское междуречье (Сорокина, и др., 2006)	1	0,7	2,9	0,25	0,1	0,5	0,07	0,08	н/о	0,07	н/д	н/д	0,04
Сургутская низменность (Сорокина, и др., 2006)	16	н/д	7	1,2	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
устье р. Надым (Уварова, 010)	70	н/д	43	29	14	8,0	н/д	2,3	н/д	30	0,19	н/д	н/д
малые озера бассейна р. Надым (Агбалаян, Шинкарук, 2015)	н/д	н/д	12	13	4	3	<1	1	<0,1	2	<0,05	н/д	н/д
Междуречье рр. Юньяхи и Энзорьяхи (Гусева, Копылова, 2009)	реки	н/д	5,5	26	4,8	1,5	0,8	0,21	0,2	0,01	1,2	0,02	0,37
	озера	н/д	5,8	30	4,6	1,4	2,4	0,19	0,3	0,01	0,5	0,03	0,44

Окончание таблицы 13

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Западная Сибирь (Кремлева и др., 2012)	озера тундр и лесотундр	н/д	4,3	7	4,3	2,7	1	0,06	0,3	0,01	<0.4	н/д	0,43	0,13
	озера северной тайги	н/д	2,7	4	4,5	2,5	0,7	0,08	0,4	0,013	<0.4	н/д	0,34	0,19
малые фоновые озера Западной Сибири (Кремлева и др., 2014)		н/д	н/д	3	0,3	0,2	н/д	н/д	н/д	н/д	708	н/д	23	11
р. Надым ниже р. Правая Хетта (Уварова, 2010)		170	н/д	25	41	15	9,4	н/д	2,4	н/д	32	0,05	н/д	н/д
р. Пур ниже п. Самбург (Уварова, 2011)		90	н/д	11	10	<0.5	<0.5	н/д	<0.5	<0.1	н/д	<0.01	н/д	н/д
р. Пур, выше п. Уренгой (Уварова, 2011)		60	н/д	17	8	<0.5	<0.5	н/д	<0.5	<0.1	н/д	<0.01	н/д	н/д
р. Обь, выше г.Салехард (Уварова, 2010)		60	н/д	46	16	1	1,6	н/д	7,0	н/д	9,5	<0.05	н/д	н/д
р. Монгарюбей, Юрхаровский ЛУ , (Московченко, 2003)		160	н/д	<50	<10	77	н/д	н/д	<1	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Кларк речных вод (Соловов и др., 1990)			30	10	20	7	2,5	0,3	1	0,2	1	0,07	2	1
ПДК р.х.н		50	740	10	10	1	10	10	6	5	20	0,00001	10	1

н/д – нет данных

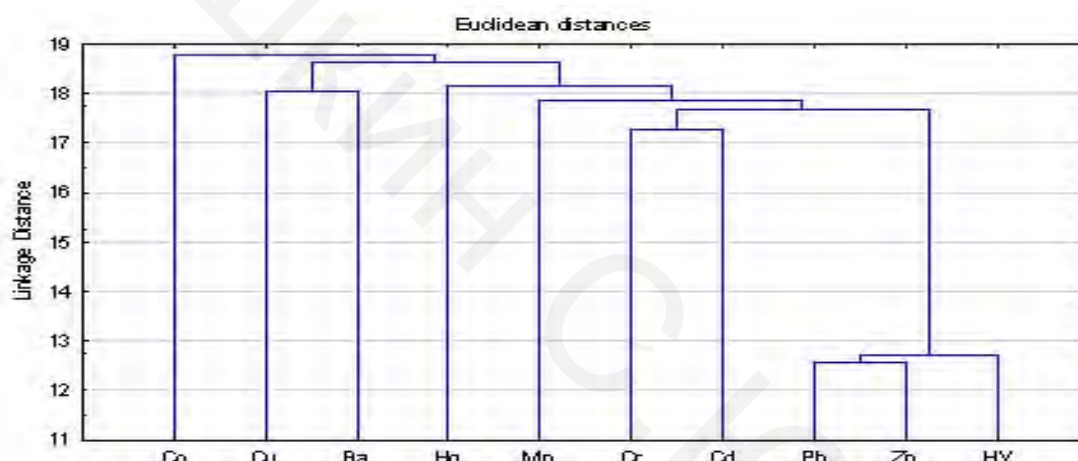


Рис. 17. Иерархическое дерево распределения НУ и ТМ для обобщенной выборки в поверхностных водах исследованной территории (метод древовидной кластеризации).

Таблица 14.

Факторная структура обобщенной выборки по НУ и ТМ для поверхностных вод исследованной территории

Показатель/фактор	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
НУ	0,42	-0,46	0,33	-0,11	-0,44	0,36	0,10	0,15	-0,33	0,12
Ba	0,42	0,49	-0,47	-0,21	-0,02	0,06	0,36	-0,37	-0,23	-0,01
Mn	0,21	-0,41	-0,61	0,49	-0,09	0,04	0,22	0,20	0,16	0,22
Zn	0,69	-0,53	-0,18	-0,15	0,10	0,06	-0,07	-0,18	0,06	-0,12
Cu	0,58	0,35	0,18	0,16	-0,54	0,02	0,14	0,02	0,30	-0,28
Ni	0,48	-0,13	-0,21	-0,27	-0,29	-0,64	-0,27	0,20	-0,12	0,09
Co	0,32	0,02	0,34	0,75	0,11	-0,34	0,04	-0,21	-0,22	-0,01
Pb	0,56	-0,64	0,07	-0,15	0,21	-0,05	-0,18	-0,22	0,12	-0,04
Cd	-0,47	-0,55	-0,01	-0,17	0,04	-0,34	0,47	0,15	-0,09	-0,29
Cr	-0,61	0,28	0,14	-0,11	-0,45	-0,20	0,09	-0,41	0,16	0,24
Hg	-0,56	0,21	-0,42	0,24	-0,34	0,14	-0,40	-0,12	-0,18	-0,26
Вес фактора, %	25	17	10	10	9	8	6	5	4	3
Сумма факторов	25	42	52	62	71	79	85	91	94	98

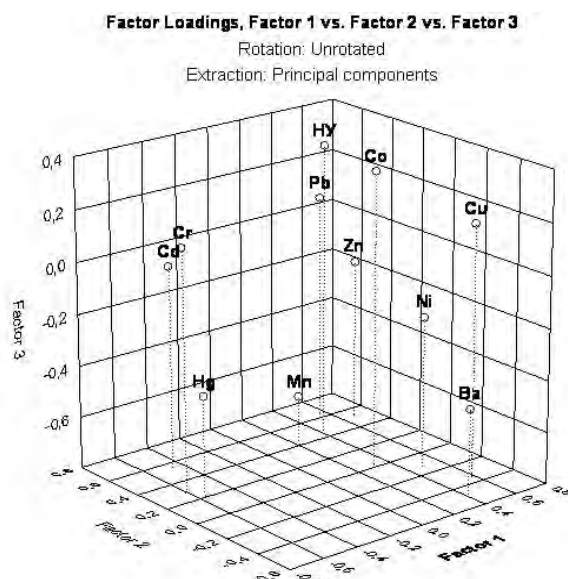


Рис. 18. График рассеянности НУ и ТМ в обобщенной выборки при выделении главных факторов

Таблица 15.

Факторная структура выборки по НУ и ТМ для вод рек исследованной территории

F I28%	Zn ₈₀ Pb ₆₅ Cu ₅₅ HY ₅₁ Ba ₃₉ Mn ₃₇					FII19%	Cd ₆₀ Pb ₅₂ HY ₅₀ Zn ₄₂ Cr ₃₄				
	Cr ₆₉ Hg ₅₃ Cd ₃₂						Ba ₆₁ Cu ₄₃				
FIII12%	Ba ₄₀		FIV10%	Hg ₆₃ Mn ₄₆		FV9%	HY ₅₂ Cu ₅₂				
	Co ₇₈ Mn ₅₇			Co ₄₃							
FVI8%	Pb ₃₇					FVII5%	Cr ₄₂ Ba ₄₂				
	Cd ₅₆ Ba ₃₇ Mn ₃₁										

Таблица 16

Факторная структура выборки по анионно-катионному и микроэлементному составу для рек исследованной территории.

Показатель/фактор	F1	F2	F3	F4
pH	-0,11	-0,33	-0,49	0,58
NO ₂ -	-0,27	0,58	0,40	-0,09
NO ₃ -	-0,27	-0,41	-0,44	-0,11
NH ₄ -	-0,12	-0,16	0,42	-0,44
P мин,	0,07	-0,75	0,31	-0,08
SO ₄ 2-	0,34	0,02	-0,58	-0,17
Cl-	0,77	0,06	-0,38	-0,18
Ca ²⁺	-0,02	-0,75	0,04	-0,26
Mg ²⁺	-0,18	-0,70	0,20	-0,10
Na ⁺	0,70	-0,21	-0,14	-0,21
K ⁺	-0,09	-0,41	0,29	0,27
Сухой остаток	-0,08	-0,66	0,08	0,00
НУ	-0,47	-0,03	-0,17	0,01
Ba	0,74	0,16	-0,10	-0,20
Mn	0,02	0,29	0,25	0,40
Zn	-0,23	-0,05	0,21	0,11
Cu	0,54	-0,14	0,44	0,30
Co	0,16	-0,05	0,05	0,60
Pb	-0,20	-0,28	-0,41	0,37
Cd	-0,55	0,00	-0,20	-0,19
Cr	-0,67	0,13	-0,23	-0,19
Hg	-0,42	0,22	0,02	0,03
Вес фактора, %	16	14	10	8

Таблица 17.

Факторная структура выборки по НУ и ТМ для вод озер исследованной территории

F I25%	Cr ₇₄ Cd ₅₅ Hg ₅₅	FII22%	Pb ₇₅ Zn ₅₇ Cd ₅₃ Co ₄₈ Mn ₄₇
	Zn ₆₈ Cu ₅₃ Pb ₅₃ Ba ₄₈		Ba ₄₁ Cu ₃₈
FIII12%	HU ₄₃ Co ₃₅	FIV11%	
	Mn ₅₉ Zn ₄₁ Hg ₂₉		Cr ₅₇ HU ₅₁ Cu ₅₁
FV8%	Mn ₅₃ Hg ₄₇ Co ₃₇	FVI7%	FVII5%
		HU ₄₂	Hg ₃₀
		Co ₆₂	Ba ₄₁

Таблица 18.

Статистические показатели содержания загрязняющих веществ в донных осадках различной структуры и генезиса для водных объектов исследованной территории (мг/кг)

		HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
глины морские и озерно-ледниковые	средн	97	23	73	11	2,5	5,1	1,8	1,8	0,24	5,8	0,008	0,34	5,8
	мин	5	4	13	2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,03	0,2	0,001	0,02	0,2
	макс	454	80	211	29	14,4	19,8	6,0	6,9	0,75	21,3	0,038	2,43	19,3
	коэф.вар, %	97	59	69	59	129	74	94	97	77	86	85	104	74
	n	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
илы, торфянистые илы	средн	205	22	70	15	4,3	6,6	2,8	2,2	0,24	6,9	0,012	0,79	5,5
	мин	8	5	12	2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,01	0,3	0,002	0,03	0,5
	макс	940	63	278	68	26,1	25,7	15,7	14,2	0,70	16,6	0,057	4,61	15,8
	коэф.вар, %	141	54	83	89	124	86	116	129	83	55	113	141	82
	n	55	60	60	61	60	60	61	62	62	60	62	62	60
торф	средн	313	39	80	16	5,0	9,0	2,9	3,7	0,12	10,4	0,009	0,59	5,8
	мин	7	7	17	4	0,1	0,3	0,3	0,3	0,01	0,3	0,002	0,13	0,4
	макс	980	121	259	40	12,3	22,2	10,1	17,4	0,41	65,7	0,020	1,83	20,1
	коэф.вар, %	108	90	77	61	93	78	85	118	90	151	69	83	105
	n	32	36	37	37	36	37	37	37	37	37	37	35	36
илистые пески	средн	57	12	30	7	2,6	3,1	1,4	1,1	0,08	3,3	0,006	0,29	3,5
	мин	3	3	8	1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,03	0,4
	макс	139	48	91	24	22,0	18,6	4,9	5,1	0,41	9,7	0,038	1,35	10,1
	коэф.вар, %	73	95	66	65	167	126	98	125	115	86	110	90	71
	n	51	52	51	52	51	52	52	52	52	52	52	52	52
крупные и мелкозернистые пески	средн	59	13	30	6	1,3	2,4	0,8	1,0	0,16	2,5	0,007	0,24	3,1
	мин	3	2	1	1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,01	0,2
	макс	150	50	97	18	18,6	8,0	3,9	6,0	0,43	8,8	0,032	1,80	8,3
	коэф.вар, %	72	83	69	62	203	90	106	137	79	88	90	97	63
	n	95	96	88	96	96	96	96	96	96	96	96	96	95

Таблица 19.

Содержание загрязняющих веществ в донных осадках водных объектов исследованных участков (мг/кг)

	HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Юрхаровский ЛУ (n=20)	127	15	62	20	13	18,2	5,1	2,0	0,06	7,9	0,028	0,8	3,4
Кынско-Часельский ЛУ (n=10)	288	494	347	42	8	14	10	12	0,26	47	0,015	3,8	50
Северо-Пуровский ЛУ (n=17)	266	14	74	11	3	6	2	1	0,06	6	0,017	0,6	1
Западно-Ярояхинский ЛУ (n=27)	329	29	50	12	8,7	6,1	2,2	2,7	0,04	8,3	0,010	1,3	7,4
Надымский ЛУ (n=30)	н/д	27	40	9	2,0	3,1	1,5	2,8	0,05	2,4	н/д	0,7	0,8
Западно-Песцовый ЛУ (n=25)	36	27	68	10	1,0	5,6	1,3	1,6	0,22	3,2	0,007	0,2	2,9
Северо-Парусовый ЛУ (n=30)	99	17	59	8	2,5	3,5	0,6	1,3	0,24	3,8	0,014	0,3	4,3
Южно-Парусовый ЛУ (n=17)	42	5	20	6	0,3	2,4	0,5	1,6	0,27	2,3	0,003	0,3	2,3
Северо-Самбургский ЛУ (n=25)	86	15	19	5	0,4	3,2	0,6	2,2	0,61	2,3	0,009	0,8	3,1

Окончание таблицы 19

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тазовско-Заполярный ЛУ (n=28)		41	27	64	10	1,0	2,8	1,8	2,1	0,22	3,5	0,006	0,3	2,9
Береговой ЛУ (n=20)		65	380	144	17	3,9	6,1	3,7	5,6	0,14	3,9	н/д	н/д	н/д
Пырейный ЛУ (n=13)		22	342	154	16	4,8	13,4	2,5	5,6	0,18	16,6	0,021	1,8	18,3
Яро-Яхинский ЛУ (n=16)		323	18	75	9	2,0	4,4	1,9	0,9	0,26	5,4	0,006	0,2	7,7
Северо-Часельский ЛУ (n=17)		248	21	78	10	3,0	4,5	2,2	0,8	0,27	6,2	0,007	0,3	6,8
Самбургский ЛУ (n=26)		191	7	32	5	0,9	1,7	0,8	0,4	0,12	2,4	0,003	0,2	4,7
Фон Пур-Тазовское междуречье (Сорокина и др., 2006)		50	132	470	45	27	10	6,0	10,5	н/д	43	н/д	н/д	65,5
фоновые озера Западной Сибири (Кремлева и др., 2014)		н/д	н/д	400	47	10	38	н/д	н/д	н/д	72	н/д	н/д	30
р. Надым ниже р. Правая Хетта (Уварова, 2010)		15	н/д	18	24	1,4	<0,5	н/д	1,3	н/д	1,4	0,003	н/д	н/д
Сургутская низменность (Сорокина и др., 2006)		28	н/д	79	11	н/д	8	н/д	15,0	н/д	100	н/д	н/д	н/д
устье р. Надым (Уварова, 2010)		40	н/д	56	<5	6,3	3,5	н/д	1,8	н/д	10,9	0,022	н/д	н/д
донные осадки водных объектов ЯНАО (Опекунов и др., 2012)	мелкозернистые пески	18	117	33	6	1,6	1,9	0,9	2,4	0,05	5	0,012	н/д	8
	илистые пески	27	298	124	13	3,3	4,5	2,0	5,4	0,06	14	0,009	н/д	16
	илы, торфянистые илы	78	348	289	25	7,3	14	5,1	7,6	0,12	31	0,022	н/д	32
	глины озерно-ледниковые	7	481	476	59	13	22	9,9	12	0,16	60	0,023	н/д	110
р. Горный Полуи, ЯНАО* (Свириденко, 2011)		20/155	н/д	10/280	н/д	0,1/7,0	1,4/10,0	н/д	0,9/7,6	0,08/0,65	2,0/18,9	0,009/0,252	н/д	н/д
р. Ватигинский Еган (Самотлорское м-е) (Московченко, 1998)		н/д	н/д	176	н/д	3	6	н/д	3,3	н/д	40	н/д	н/д	н/д
донные отложения рек ХМАО (Московченко, 1998)		н/д	н/д	260	26	9	н/д	н/д	н/д	н/д	15	н/д	н/д	н/д
Тюменская область (Московченко, 1998)		н/д	182	423	23	14	17	3,2	11,6	н/д	49	н/д	н/д	19,4
оз. Самотлор* (Московченко, 1998)		26/9977105	н/д	7/90	н/д	0,4/7,4	0/6	н/д	1,3/6,6	н/д	0/21	н/д	н/д	н/д
водно-болотные угодья * Приобья (Валеева, Московченко, 2001)		н/д	н/д	110/300	50/200	9/26	18-323	н/д	20/50	н/д	35-52	н/д	н/д	н/д
р. Обь, выше г.Салехард * * (Уварова, 2010)		н/д	н/д	225/248	66/143	18/23	12/62	н/д	6/10	н/д	31/74	0,005/0,030	н/д	н/д
р. Монгарюбей, Юрхаровский ЛУ (Московченко, 2003)		<50	н/д	26	16	2,5	4	2,6	3,7	н/д	8,3	н/д	н/д	н/д
фоновые озера тундр Западной Сибири * (Паничева и др., 2013)		218/21800	н/д											
Тальниковое месторождение (Валеева, Московченко, 2001)		370	н/д											
Средне-Назымское месторождение (Валеева, Московченко, 2001)		1040	н/д											
Западно-Талинское месторождение (Валеева, Московченко, 2001)		127	н/д											
Кларк литосферы (Виноградов 1962)			650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90

* минимальное/максимальные значения; * *правый берег/левый берег; н/д – нет данных

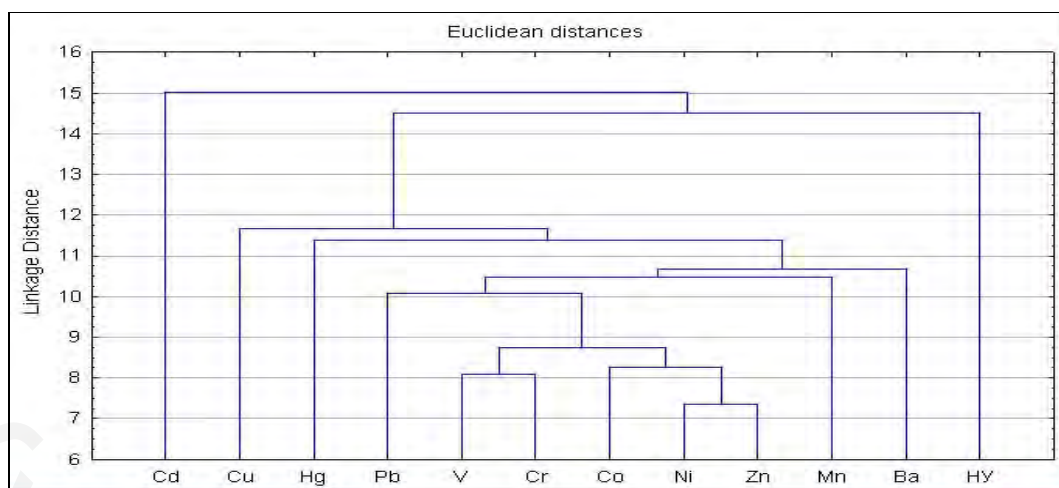


Рис. 19. Иерархическое дерево распределения НУ и ТМ для обобщенной выборки по донным осадкам исследованной территории (метод древовидной кластеризации).

Таблица 20.

Факторная структура для обобщенной выборки содержания НУ и ТМ в донных осадках рек и озер исследованной территории

Показатель/фактор	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
НУ	-0,28	-0,01	0,85	-0,25	0,24	0,09	-0,21	-0,09	0,09	0,02
Ba	-0,63	0,34	0,02	-0,04	-0,01	-0,66	-0,04	-0,09	0,06	-0,16
Mn	-0,67	0,27	-0,03	0,08	-0,31	0,05	-0,43	0,42	-0,06	0,08
Zn	-0,82	0,02	-0,21	0,09	0,35	0,13	-0,17	-0,12	-0,03	-0,20
Cu	-0,65	-0,31	-0,02	-0,31	0,16	0,01	0,34	0,45	0,17	-0,11
Ni	-0,72	-0,48	0,23	0,12	-0,04	-0,20	0,04	0,00	-0,01	0,29
Co	-0,80	-0,20	-0,19	0,13	0,35	0,05	-0,07	-0,01	-0,30	0,04
Pb	-0,71	0,30	-0,36	-0,05	0,08	0,13	-0,01	-0,18	0,39	0,24
Cd	-0,06	0,36	0,30	0,82	0,14	0,05	0,22	0,13	0,09	-0,02
Cr	-0,82	0,04	0,09	-0,02	-0,28	0,03	0,31	-0,17	-0,22	0,09
Hg	-0,46	-0,66	0,02	0,31	-0,35	0,10	-0,12	-0,15	0,19	-0,23
V	-0,68	0,48	0,18	-0,23	-0,24	0,27	0,15	-0,07	-0,06	-0,14
Вес фактора, %	42	12	9	9	6	5	5	4	3	3

Таблица 21.

Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Ас в донных осадках рек и озер антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/кг)

реки		НУ	Ва	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки	средн	89	16	68	12	2,8	5,0	2,2	2,7	0,12	4,3	0,031	0,59	4,2
	мин	3	2	6	1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,03	0,2
	макс	460	107	403	72	15,8	42,5	15,7	14,2	0,75	29,6	0,440	4,61	14,5
	коэф вар, %	106	108	99	109	117	133	127	115	120	107	239	155	103
	n	79	61	82	82	83	78	70	84	65	82	70	70	65
Фоновые участки	средн	56	12	50	9	1,6	3,6	1,0	1,4	0,19	3,4	0,008	0,33	2,6
	мин	3	1	4	1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,01	0,3	0,001	0,01	0,2
	макс	180	42	143	18	10,0	8,9	3,9	5,0	0,47	8,0	0,019	1,35	6,0
	коэф вар, %	71	56	71	50	146	61	102	102	76	64	66	67	61
	n	75	74	76	76	75	66	72	73	78	76	70	74	76
F-расч/F-крит		4>1.5	3>1.5	3.5>1.5	10>1.5	2>1.5	9>1.5	7>1.5	5>1.5	1<1.5	4>1.5	185>1.5	17>1.5	5>1.5
t-расч/t-крит		2.9>2	1<2	2.1>2	2.4>2	3>2	1.7<2	3>2	3.5>2	3>2	1.5<2	2.6>2	2.3>2	3.4>2
озера		НУ	Ва	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки	средн	183	22	72	11	4,1	5,9	2,0	2,2	0,13	7,4	0,032	0,57	6,4
	мин	13	1	3	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,03	0,2
	макс	980	144	350	44	22,0	55,7	10,1	17,4	0,70	65,7	0,470	5,71	33
	коэф вар, %	133	119	104	85	106	124	94	123	122	125	250	143	99
	n	68	80	88	89	84	86	84	89	83	89	69	78	83
Фоновые участки	средн	88	18	37	7	1,5	3,8	1,0	1,7	0,12	3,2	0,012	0,35	2,7
	мин	3	1	4	0,4	0,1	0,5	0,1	0,1	0,01	0,2	0,001	0,02	0,2
	макс	460	67	126	23	10,6	11,7	3,5	5,8	0,38	9,7	0,070	1,10	10
	коэф вар, %	104	81	81	64	144	71	85	92	90	77	111	58	59
	n	66	83	80	80	77	73	79	82	80	80	66	76	80
F-расч/F-крит		7>1.5	3>1.4	6>1.4	4>1.4	4>1.5	7>1.5	5>1.4	3>1.4	2>1.4	13>1.4	38>1.5	15>1.5	9>1.5
t-расч/t-крит		3>2	1<1.9	4>2	3.5>2	4.8>2	2.5>2	4.5>2	1.5<2	0.4<2	4>2	2.1>2	2.3>2	5>2
кларк литосферы (Виноградов, 1962)			650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90

Таблица 22.

Факторная структура выборки НУ и ТМ в донных отложениях рек и озер

глины морские и озерно-аллювиальные			
F I36% ————— V ₉₁ Cu ₈₅ Cr ₇₇ Co ₇₅ Ni ₇₂ As ₇₃ Zn ₇₀ Ba ₄₈		F II14% ————— HY ₇₁ Hg ₆₁ Mn ₇₈ Ba ₃₉	
F III13% ————— Cd ₈₀ Pb ₄₉	F IV10% ————— Hg ₅₅ Pb ₆₃ Ba ₃₈		F V6% ————— Ba ₅₀
крупные и мелкозернистые пески			
F I25% ————— Ni ₈₁ Ba ₇₂ Zn ₆₇ Co ₈₁ Cr ₅₄ Mn ₅₂ Pb ₅₁ As ₄₉ Hg ₄₅ Co ₃₇ Cd ₃₇			F IV10% ————— HY ₄₄ Hg ₃₅ Cu ₆₆ Pb ₅₄
F II14% ————— As ₅₇ Hg ₅₀ Co ₆₆ Mn ₄₅ V ₄₃ Cu ₃₈		F III11% ————— HY ₆₈ V ₆₈ Cu ₄₁	
илы и илы торфянистые			
F I33% ————— Ni ₉₅ Cu ₈₉ Co ₈₈ Zn ₈₄ Cr ₅₇ Hg ₅₅ As ₄₂ Cd ₄₇		F II23% ————— HY ₈₇ V ₈₅ Cd ₇₀ Mn ₆₃ Cr ₄₈	
F III11% ————— Ba ₇₉ Pb ₅₄ Mn ₄₄ Cd ₄₃	F IV10% ————— Hg ₆₀ Mn ₄₄ As ₃₉		F V7% ————— Pb ₇₈



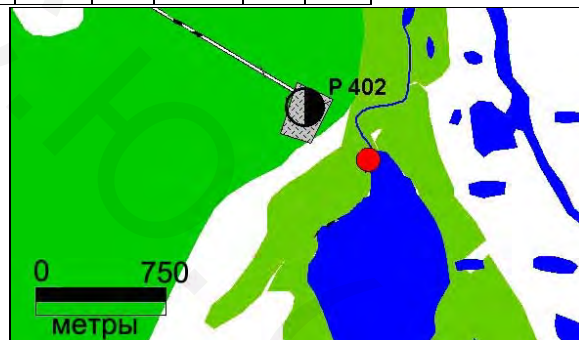
Озеро рядом с площадкой разведочного бурения, скв. Р-80. Северо-Часельский ЛУ.

мг/кг	HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
содержание	846	21	60	17	3	8	1,4	0,9	0,28	9,2	0,003	0,3	9,7
ср. сод. по ЛУ	248	21	78	10	3	4,5	2,2	0,8	0,27	6,2	0,007	0,3	6,8



Озеро рядом с площадкой куста скважин К-71. Яро-Яхинский ЛУ

мг/кг	HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
содержание	652	13	81	9	2,1	5,4	1,8	1,1	0,39	5,8	0,007	0,6	7,3
ср. сод. по ЛУ	323	18	75	9	2,0	4,4	1,9	0,9	0,26	5,4	0,006	0,2	7,7



Озеро рядом с площадкой скважины Р-402. Западно-Ярояхинский ЛУ

мг/кг	HU	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
содержание	1950	63	269	38	11	12	4,4	3,4	0,14	17	<0.01	1,4	10
ср. сод. по ЛУ	329	29	50	12	8,7	6,1	2,2	2,7	0,04	8,3	0,01	1,3	7,4

Рис. 4.20. Озера с максимальным проявлением фактора F2 в торфянистых илах (фото автора)

Таблица 23

Факторная структура выборки НУ и ТМ в донных отложениях рек исследованной территории

Показатель/фактор	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
НУ	0,17	-0,37	-0,54	-0,41	0,49	0,20	-0,22	-0,13	0,17	-0,20
Ba	0,63	0,10	0,45	-0,24	0,07	0,07	-0,18	-0,06	-0,34	0,19
Mn	0,68	0,19	0,12	-0,29	0,19	-0,03	-0,16	-0,30	0,17	0,10
Zn	0,76	0,10	-0,01	-0,06	-0,19	0,03	0,02	0,36	-0,06	-0,38
Cu	0,42	-0,20	-0,37	0,22	-0,59	0,27	0,15	-0,23	0,14	0,07
Ni	0,77	-0,06	-0,12	0,03	-0,19	-0,07	0,12	-0,24	-0,14	0,14
Co	0,66	0,14	0,12	-0,34	-0,13	-0,27	0,24	0,24	0,35	0,03
Pb	0,53	-0,28	0,24	0,28	0,07	0,56	-0,24	0,23	0,02	0,02
Cd	0,29	0,35	0,20	0,41	0,53	0,19	0,44	-0,15	0,17	-0,09
Cr	0,59	0,08	-0,38	0,35	0,17	-0,37	-0,09	-0,08	-0,29	-0,21
Hg	0,11	-0,69	-0,10	-0,22	0,24	0,02	0,51	0,14	-0,24	0,14
As	0,27	-0,60	0,11	0,41	0,16	-0,40	-0,23	0,10	0,25	0,17
V	0,13	0,53	-0,64	0,06	0,18	0,09	-0,06	0,32	-0,01	0,38
Вес фактора, %	27	12	10	8	8	7	6	5	4	4

Таблица 24

Факторная структура выборки НУ и ТМ в донных отложениях озер исследованной территории

Показатель/фактор	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
НУ	-0,09	0,22	0,16	0,89	-0,34	-0,02	-0,01	0,06	0,02	-0,01
Ba	-0,84	-0,47	0,13	0,05	0,01	0,08	-0,01	0,03	-0,05	0,06
Mn	-0,65	0,13	-0,36	0,08	0,06	0,63	0,04	-0,02	0,06	-0,10
Zn	-0,81	0,37	-0,12	-0,07	-0,13	-0,11	0,03	-0,20	0,29	0,17
Cu	-0,66	0,56	0,06	-0,23	-0,08	-0,13	0,14	0,36	0,06	-0,15
Ni	-0,72	0,51	-0,12	-0,17	-0,22	0,05	0,10	0,01	-0,25	0,21
Co	-0,82	0,20	-0,04	-0,10	-0,21	-0,13	-0,31	-0,20	-0,12	-0,22
Pb	-0,79	-0,18	0,26	0,08	0,13	-0,12	0,42	-0,21	-0,03	-0,14
Cd	-0,06	-0,23	-0,89	0,24	0,09	-0,26	0,10	0,03	-0,08	-0,02
Cr	-0,90	-0,22	-0,03	0,02	0,16	-0,10	-0,19	0,07	0,03	0,00
Hg	-0,73	-0,58	0,21	0,02	-0,11	0,07	0,00	0,08	-0,12	0,07
As	-0,37	0,57	0,17	0,28	0,63	-0,03	-0,10	-0,01	-0,08	0,06
V	-0,85	-0,40	-0,05	0,01	0,07	-0,07	-0,09	0,13	0,15	0,04
Вес фактора, %	48	15	9	8	5	4	3	2	2	1

Таблица 25

Содержания НУ в почвах исследованной территории (мг/кг)

участок	горизонты почв	
	аккумулятивные (органогенные)	иллювиальные (минеральные)
Юрхаровский ЛУ (n=35/33)	407	58
Кынско-Часельский ЛУ (n=47/27)	339	58
Северо-Пуровский ЛУ (n=32/31)	490	45
Западно-Яряхинский ЛУ (n=36/28)	1512	98
Надымский ЛУ (n=36/25)	555	202
Западно-Песцовый ЛУ (n=28/29)	468	16
Парусовый ЛУ (n=26/26)	225	11
Северо-Парусовый ЛУ (n=40/41)	274	21
Южно-Парусовый ЛУ (n=21/21)	210	16
Северо-Самбургский ЛУ (n=27/21)	255	62
Тазовско-Заполярный ЛУ (n=41/35)	290	23
Яро-Яхинский ЛУ (n=28/10)	587	49
Северо-Часельский ЛУ (n=24/17)	416	95

окончание таблицы 25

1	2	3
Самбургский ЛУ (n=35/30)	528	148
Береговой ЛУ (флуориметрический метод анализа) (n=40/35)	25	8
Пырейный ЛУ (флуориметрический метод анализа) (n=30/25)	42	<5
Ево-Яхинский ЛУ (флуориметрический метод анализа) (n=27/22)	35	8
Хадыряхинский ЛУ (n=17/10)	943	943
Пур-Тазовское междуречье (Сорокина и др., 2006)	-	78
Восточно-Уренгойское месторождение (Опекунова и др., 1997)	96-600.	4-40
Ново-Уренгойское месторождение (Опекунова и др., 1997)	120-200	120-200
Сургутская низменность (Сорокина и др., 2006)	-	36
Уренгойское ГКМ (Арестова, Опекунова, 2000)	100-250	-
Уренгойское ГКМ (Солнцева, Садов, 1997; 1998)	130-450	<50
Лесотундра Западной Сибири (Пиковский, 1981)	20-900	20-600
Фон для почв севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	1429	43
Северная тайга Западной Сибири (Пиковский, 1981)	50-600	40-1000

n=35/33 – аккумулятивные/иллювиальные горизонты

Таблица 26

Содержание НУ в генетических горизонтах почв фоновых территорий ЛУ (мг/кг)

ПТК	Горизонты почв	
	аккумулятивный	иллювиальный
Юрхаровский ЛУ, среднее	407	58
Мелкокочковатая ерниково-кустарничково-лишайниковая тундра с ивой	313	11
Ерниково-ивняковое разнотравно-вейниковое сообщество	317	38
Пятнистая кустарничково-лишайниковая тундра.	303	10
Разреженный ивняк вейниковый	10	12
Северо-Пуровский ЛУ, среднее	490	45
Кедрово-березовое с лиственницей кустарничково-зеленомошно-лишайниковое сообщество.	310	21
Лиственничник ерниково-лишайниковый	110	5
Ерниковая багульниково-лишайниковая тундра	250	21
Кустарничково-лишайниковая тундра	240	14
Лиственничник ерниково-зеленомошный	470	17
Западно-Яряхинский ЛУ, среднее	1512	98
Лиственничник с берёзой кустарничково-лишайниковый	676	26
Лиственничник ерниково-кустарничково-лишайниковый	764	39
Плоский торфяник кустарничково-сфагново-лишайниковый	1400	82
Северо-Парусовый ЛУ, среднее	274	21
Ивняк кустарничково-моховой	374	7
Кустарничково-лишайниковая тундра	318	5
Кустарничково-мохово-лишайниковая тундра	107	3
Ерник осочково-кустарничково-лишайниково-моховой с ивой	228	4
Ерник кустарничково-лишайниково-моховой с ивой	488	6
Ивняково-ерниковое кустарничково-пушицево-лишайниково-моховое	387	6
Северо-Самбургский ЛУ среднее	255	62
Мелкокочковатая кустарничково-лишайниковая	44	5
Бугры с кустарничково-лишайниковой тундрой	258	23
Вейниково-пушицево-кустарничково-лишайниковое сообщество	159	15
Ерниково кустарничково-лишайниковое сообщество с единичными лиственницами	77	3
Ерниково кустарничково-лишайниковое сообщество	241	8
Осочково-кустарничково-лишайниковое сообщество с ивой и берёзой	312	6
Среднее на исследованной территории	нарушенные	741
	фоновые	133

Таблица 27

Содержание НУ в генетических горизонтах почв нарушенных территорий ЛУ (мг/кг)

Местонахождение	ПТК	горизонты почв	
		аккумулятивный	иллювиальный
Юрхаровский ЛУ	среднее по ЛУ	407	58
площадка геологоразведочного бурения	Пятнистая мелкококочковатая кустарничково-лишайниковая тундра	2408	2330
в 200м от вахтового поселка	Мелкококочковатая кустарничково-пушицево-сфагновая тундра в сочетании с пушицево-осоковыми болотами.	1049	1142
Скв. Р-105	Мелкококочковатая кустарничково-пушицевая тундра (на бугре пучения).	613	143
в 100м от отсыпной дороги на карьер, в 750м от скв Р094	Пятнистая мелкококочковатая кустарничково-мохово-лишайниковая тундра с пушицей.	216	137
Берег озера в 400 м от УКПГ	Кустарничково-мохово-лишайниковая тундра	114	224
Западно-Ярояхинский ЛУ	среднее по ЛУ	1512	98
скв. Р-402	Сочетание березняка веяникового по долине ручья и ивняка разнотравно-осокового	974	1062
скв. Р-401	Полигональная кустарничково-мохово-лишайниковая тундра в сочетании с пушицево сфагновыми болотами	2980	760
участок вдоль вездеходной трассы справа от заслонки трубопровода.	Плоский торфяник осоково-кустарничково-сфагново-лишайниковый	2025	1058
Северо-Часельский ЛУ	среднее по ЛУ	416	95
Скв. Р-56.	Ерник кустарничково-мохово-лишайниковый.	428	169
Скв. Р-50.	Ерник кустарничково-мохово-лишайниковый.	215	220
рядом с карьером песка	Ерник кустарничково-мохово-лишайниковый.	1080	184
Самбургский ЛУ	среднее по ЛУ	528	148
Скв. Р-206	Торфяник мелкококочковатый лишайниково-осоково-моховой	1396	357
Скв. Р-215	Смешанный кустарничково-лишайниковый лес.	582	174
Скв. Р-170	Сочетание ерничково-кустарничково-лишайниковых тундр и осоково-типиновых болот.	832	304
Скв. Р-196	Ерник кустарничково-моховой.	388	472
Среднее на исследованной территории	нарушенные	741	133
	фоновые	230	13

Таблица 28

Содержание ТМ и As в почвах исследованной территории, мг/кг

участок	горизонт	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Юрхаровский ЛУ (n=35/33)	акк.	15	153	29	23	14,3	5,6	5,0	0,22	5,4	0,125	1,2	3,6
	илл.	25	66	22	20	15,9	5,0	4,9	0,14	6,1	0,041	1,4	6,7
Кыноско-Часельский ЛУ (n=47/27)	акк.	89	157	17	8	7,5	2,5	12,1	0,26	5,4	0,037	1,0	5,6
	илл.	78	99	17	9	9,1	3,7	11,7	0,12	18,0	0,015	1,3	15,7
Северо-Пуровский ЛУ (n=32/31)	акк.	66	44	17	5	6,0	1,9	5,3	0,23	2,5	0,024	0,6	3,2
	илл.	63	23	8	2	5,3	1,7	2,0	0,20	15,0	0,015	1,7	13,2
Западно-Ярояхинский ЛУ (n=36/28)	акк.	93	71	26	10	4,0	1,7	18,0	0,21	5,0	0,039	1,2	3,3
	илл.	40	69	18	10	5,5	2,8	5,0	0,04	12,7	0,015	1,5	14,4
Надымский ЛУ n=36/25)	акк.	48	124	27	5	4,9	2,3	9,3	0,14	3,2	0,097	1,2	1,6
	илл.	19	24	5	1	1,7	0,6	0,8	0,02	3,7	0,029	0,9	1,4
Западно-Песцовый ЛУ (n=28/29)	акк.	38	292	28	4	10,7	5,3	5,5	0,26	19,2	0,085	0,8	5,3
	илл.	53	163	30	8	11,6	3,8	6,3	0,14	15,1	0,025	0,9	10,2
Парусовый ЛУ (n=26/26)	акк.	34	203	31	5	9,6	4,9	4,4	0,24	15,8	0,051	0,7	5,9
	илл.	41	117	24	7	10,3	4,0	6,2	0,12	13,3	0,023	0,8	9,4
Северо-Парусовый ЛУ (n=40/41)	акк.	32	287	30	4,5	11,4	8,9	6,2	0,25	20,0	0,049	0,8	6,6
	илл.	49	147	32	12	13,0	4,5	6,5	0,11	17,3	0,027	1,2	12,1
Южно-Парусовый ЛУ (n=21/21)	акк.	34	284	30	5	11,2	6,4	5,9	0,25	19,3	0,059	0,8	6,1
	илл.	45	134	32	8	10,1	3,6	5,4	0,40	13,6	0,182	1,5	8,8
Северо-Самбургский ЛУ (n=27/21)	акк.	33	257	29	4	10,6	4,5	4,9	0,21	18,0	0,061	0,7	5,1
	илл.	55	216	31	8	13,0	3,7	5,8	0,22	14,1	0,314	4,6	10,4

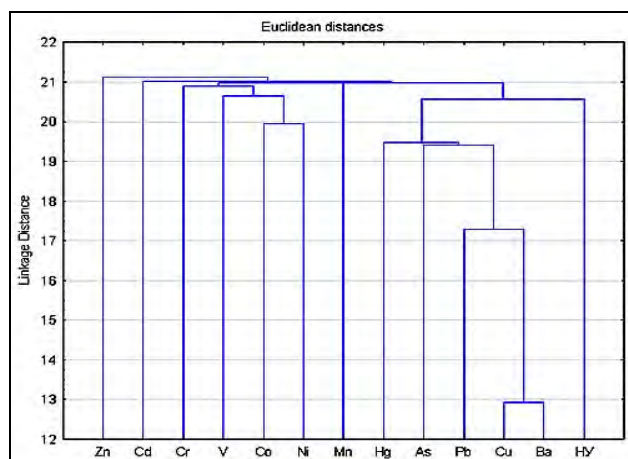
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тазовско-Заполярный ЛУ (n=41/35)	акк.	39	300	29	4	9,8	4,5	4,4	0,31	16,3	0,082	0,7	5,9
	илл.	51	173	31	7	11,8	4,2	5,8	0,14	16,5	0,024	0,8	8,9
Яро-Яхинский ЛУ (n=28/10)	акк.	32	118	20	3	6,1	3,2	2,0	0,21	5,7	0,042	0,4	5,7
	илл.	38	132	22	4	7,8	2,4	3,8	0,20	12,1	0,036	0,5	6,8
Северо-Часельский ЛУ (n=24/17)	акк.	44	139	26	8	10,7	4	4,8	0,15	18,9	0,025	0,9	12
	илл.	52	82	24	5	7,1	2,9	5,2	0,34	4,8	0,039	0,7	6,8
Самбургский ЛУ (n=35/30)	акк.	62	154	27	4	7,3	3,5	14,0	0,31	8,9	0,045	0,7	5,8
	илл.	14	68	14	2	5,0	1,4	1,6	0,09	7,1	0,025	0,4	5,5
Береговой ЛУ (n=40/35)	акк.	269	516	46	7	9,5	4,4	21,9	0,75	25,2	0,028	0,7	25,8
	илл.	527	225	37	10	11,8	6,4	10,2	0,15	36,7	0,020	3,3	72,1
Пырейный ЛУ (n=30/25)	акк.	168	161	29	5	6,3	2,7	13,3	0,43	14,2	0,016	0,5	11,8
	илл.	458	200	27	7	9,2	4,7	10,6	0,12	30,7	0,032	2,9	44,1
Ево-Яхинский ЛУ (n=27/22)	акк.	202	120	29	6	5,8	2,2	10,1	0,31	10,6	0,097	1,4	11,8
	илл.	165	87	12	3	3,8	1,8	3,8	0,11	12,0	0,017	2,2	18,9
Хадыряхинский ЛУ (n=17/10)	акк.	94	201	22	7	7,0	3,5	5,7	0,34	12,2	0,051	н/д	17,9
Пур-Тазовское междуречье (Сорокина и др., 2006)	илл.	180	610	94	33	17	11	14	н/д	71	н/д	н/д	114
п-ов Ямал и юг Тазовского п-ва (Московченко, 2010)	сред.	578	370	25	13	26	7,4	6,1	0,41	31	н/д	н/д	87
Тасийское м-е, ЯНАО (Московченко, 2006)	сред.	225	76	10	7	39	2,4	1,6	0,25	30	н/д	н/д	н/д
торфяно-болотные, Бованенковское м-е (Московченко, 1998)	акк.	2000	2600	100	50	60	30	30	н/д	120	н/д	н/д	80
	илл.	1200	1200	20	80	40	60	20	н/д	150	н/д	н/д	80
торфянисто-глеевые, Бованенковское м-е (Московченко, 1998)	акк.	1360	2050	68	36	55	26	19	н/д	131	н/д	н/д	84
	илл.	1403	1203	67	38	54	14	23	н/д	137	н/д	н/д	102
подзолы иллювиально-железистые, Тюменской обл. (Московченко, 1998)	акк.	385	5670	132	18	7,3	2,8	72	н/д	72	н/д	н/д	45
	илл.	282	1220	51	18	12,7	6,3	12	н/д	91	н/д	н/д	29
Пурская низменность (Сысо, 2004)	сред.**	н/д	н/д	н/д	10	14	2	10	н/д	60	н/д	н/д	50
Бованенковское м-е (Московченко, 2006)	сред.	н/д	308	23	12	9,2	6,8	4,3	0,52	1,9	н/д	н/д	н/д
участки буровых работ, п-ов Ямал (Московченко, 1998)	акк.	10000	1830	162	62	50	10	150	н/д	50	н/д	н/д	40
	илл.	1000-8000	400	н/д	н/д	50	15	80	н/д	80	н/д	н/д	100
Южно Тамбейское м-е (Московченко, 1998)	сред.	276	48	24	8	69	4,7	н/д	0,25	31,8	н/д	н/д	н/д
Харасавэйское м-е (Московченко, 1998)	сред.	н/д	258	н/д	н/д	18	7,5	5,1	0,5	н/д	н/д	н/д	н/д
Фон для почв севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	акк.	20,3	49,9	26,7	16,0	8,9	1,6	5,7	0,12	1,2	0,09	0,5	2,7
	илл.	4,6	12,0	7,6	3,0	3,0	1,1	1,9	0,10	0,8	0,03	0,4	1,8
Почвы Западной Сибири (Ильин, 1987)		н/д	1060	85,5	33,8	25,9	15,6	16,4	н/д	59,5	н/д	н/д	74,4
Кларк литосферы (Виноградов 1962)		650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90

акк. – аккумулятивные (органогенные) горизонты; илл. - иллювиальные (минеральные) горизонты; сред. – среднее по горизонтам; сред* среднее 0-20см

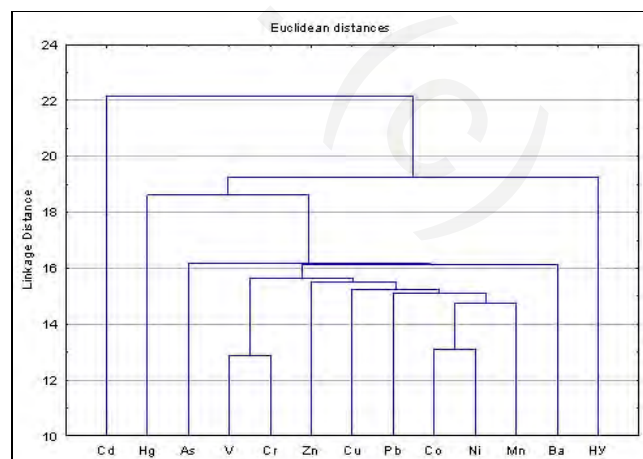
(n=35/33) – аккумулятивные/иллювиальные горизонты

Максимальные кларки концентраций Ва, Си и Рб в аккумулятивных горизонтах почв

объект	сообщество	Ва	Си	Рб
Западно-Ярояхинский ЛУ				
Скв 402	Сочетание березняка вейникового по долине ручья и ивняка разнотравно-осокового	0,5	0,5	4,2
Скв 406	Лиственничник с березой кустарничково-лишайниковый	0,4	0,8	4
50м от факела скв 402	Кедрово-лиственничное с березой	0,4	0,6	4,5
Куст скважин К-210	Кедрово-березово-лиственничное ерничково-кустарничково-лишайниковое сообщество	0,3	0,5	3,7
Остатки вахтового поселка	Лиственнично-кедрово-березовое кустарничково-зеленомошно-лишайниковое сообщество	0,6	0,5	3,4
Юрхаровский ЛУ				
Вахтовый поселок, причал	Ивово-ольховниковое осоково-вейниковое сообщество	4,6	1,3	1,4
Переход трубопровода и понтонная переправа через р. Юрхарово	Мелкокочковатая кустарничково-мохово-лишайниковая тундра	0,3	1,2	1
Вниз по склону от полигона буровых отходов	Мелкокочковатая кустарничково-лишайниковая	0,3	0,8	1,1
В 400м от УКПГ	кустарничково-мохово-лишайниковая тундра	0,5	0,4	2,8
Кыנסко-Часельский ЛУ				
Скв Р-228	Пятнистая, кочковатая тундра	0,3	0,3	1,6
Нефтепровод Кыנסкое- Харампур, 34 Км	Кустарничково-лишайниковое с обильным подростом	0,3	0,7	0,8
Нефтепровод Кыנסкое-Харампур	Елово-кедровое с березой кустарничково-зеленомошное с вейником	0,6	0,4	4,6
Самбургский ЛУ				
Скв. Р-215	Ерник кустарничково-лишайниковый с пятнами-медальонами	0,3	0,3	3,7
Скв. Р-35	Сочетание осоково-моховых болот, ерничково-кустарничково-моховых и ерничково-кустарничково-лишайниковых тундр	0,3	0,3	5
Скв. Р-170	Сочетание ерничково-кустарничково-лишайниковых тундр и осоково-гипновых болот	0,3	0,3	1,5
Скв. Р-168	Крупный ерник кустарничково-моховой	0,3	0,3	5
Надымский ЛУ				
Зимник, вездеходные разьезды	Березово-осоково-вейниковое сообщество	0,3	0,6	2,3
Береговой ЛУ				
Куст скважин К20	березово-лиственничное кустарничково-лишайниково-зеленомошное редколесье	0,8	0,3	4,6
Среднее по исследованной территории	Фоновые участки	0,08	0,2	0,5
	Антропогенно нарушенные участки	0,12	0,4	1,0



аккумулятивные (органогенные) горизонты



иллювиальные (минеральные) горизонты

Рис. 21. Иерархическое дерево распределения поллютантов в почвенном покрове исследованной территории (метод древовидной кластеризации).

Таблица 30.

Факторная структура выборки содержания микроэлементов и НУ в почвах исследованной территории

Аккумулятивные горизонты									
F I24% $\frac{\text{Ni}_{76}\text{Co}_{74}\text{Mn}_{65}\text{Cr}_{63}\text{Zn}_{60}\text{V}_{54}\text{As}_{35}\text{Hg}_{31}\text{Cd}_{31}}{\text{Ni}_{76}\text{Co}_{74}\text{Mn}_{65}\text{Cr}_{63}\text{Zn}_{60}\text{V}_{54}\text{As}_{35}\text{Hg}_{31}\text{Cd}_{31}}$					F II15% $\frac{\text{Cr}_{35}}{\text{Cu}_{65}\text{Pb}_{64}\text{As}_{59}\text{Ba}_{52}\text{HY}_{49}\text{Hg}_{33}}$				
F III10% $\frac{\text{Hg}_{73}\text{Cu}_{43}}{\text{V}_{49}\text{Pb}_{38}}$		F IV9% $\frac{\text{Cd}_{65}}{\text{Cd}_{65}}$		FV7% $\frac{\text{HY}_{43}\text{Zn}_{43}\text{Cr}_{41}}{\text{Cd}_{52}\text{Cu}_{35}}$			FVI6% $\frac{\text{Ba}_{70}}{\text{HY}_{32}\text{V}_{30}\text{Cu}_{27}}$		
FVII6% $\frac{\text{Zn}_{49}}{\text{HY}_{47}\text{Mn}_{38}\text{Co}_{31}}$			FVIII5% $\frac{\text{Mn}_{34}}{\text{Cr}_{32}}$				FIX5% $\frac{\text{As}_{48}}{\text{As}_{48}}$		
Иллювиальные горизонты									
F I39% $\frac{\text{Ni}_{84}\text{Cr}_{80}\text{Pb}_{75}\text{Co}_{75}\text{Zn}_{73}\text{V}_{67}\text{Ba}_{66}\text{Mn}_{65}\text{Cu}_{57}\text{As}_{40}}{\text{Ni}_{84}\text{Cr}_{80}\text{Pb}_{75}\text{Co}_{75}\text{Zn}_{73}\text{V}_{67}\text{Ba}_{66}\text{Mn}_{65}\text{Cu}_{57}\text{As}_{40}}$					F II13% $\frac{\text{V}_{40}\text{Ba}_{35}\text{As}_{31}}{\text{Hg}_{78}\text{Cu}_{51}\text{HY}_{55}}$				
F III8% $\frac{\text{Cd}_{93}}{\text{Cd}_{93}}$		F IV8% $\frac{\text{HY}_{59}\text{As}_{50}}{\text{HY}_{59}\text{As}_{50}}$			F V6% $\frac{\text{Mn}_{38}\text{HY}_{32}}{\text{Cu}_{48}\text{Cd}_{38}}$				
F VI5% $\frac{\text{Hg}_{34}\text{As}_{30}}{\text{Pb}_{37}\text{HY}_{27}\text{Cu}_{27}}$			FVII4% $\frac{\text{Ni}_{26}}{\text{V}_{39}\text{Cu}_{28}\text{Hg}_{27}}$			FVIII4% $\frac{\text{Zn}_{24}}{\text{Ba}_{47}}$			

Таблица 31.

Статистические показатели коэффициента биологического поглощения для индикаторных видов растений исследованной территории

		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Лишайник <i>Cladonia alpestris</i>	средн	0,25	1,3	1,0	1,1	0,4	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5	0,2	0,1
	мин	0,03	0,0003	0,003	0,019	0,015	0,008	0,001	0,004	0,003	0,003	0,017	0,006
	макс	1,9	10	3	10	3	2	3	3	2	2	1	1
	коэф вар, %	101	123	63	141	141	149	124	112	120	80	108	128
	n	267	299	300	298	301	300	299	300	300	230	72	170
Багульник <i>Ledum decumbens</i>	средн	3,0	23,5	1,4	1,8	0,4	0,1	0,4	0,4	0,1	0,4	н/д*	0,1
	мин	0,07	0,08	0,06	0,09	0,01	0,003	0,001	0,004	0,003	0,002		0,004
	макс	13	281	4	16	1	1	7	7	1	1		1
	коэф вар, %	93	157	56	123	76	121	227	187	104	77		130
	n	429	430	430	436	432	437	432	428	430	302		62
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	средн	2,0	21,1	1,2	2,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	н/д*	н/д*
	мин	0,11	0,17	0,17	0,17	0,01	0,003	0,001	0,01	0,001	0,01		
	макс	10	200	4	17	1	1	1	2	0,1	1		
	коэф вар, %	94	153	58	125	103	135	104	127	111	69		
	n	193	194	195	196	195	195	194	196	194	142		
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	средн	2,8	17	2,1	2,1	0,4	0,1	0,9	1,3	0,1	0,5	н/д*	н/д*
	мин	0,12	0,25	0,75	0,47	0,04	0,01	0,02	0,06	0,01	0,10		
	макс	8	170	5	10	1	1	17	9	0,1	1		
	коэф вар, %	59	120	43	83	64	147	260	123	83	57		
	n	118	116	119	117	118	119	118	117	118	115		
п-ов Ямал (Москов- ченко, 1998)	лишайники	2,3	6,1	12	2,3	1	0,9	3,7	н/д	0,5	н/д	н/д	0,5
	кустарнички	3,6	>8,3	9,1	2,5	0,5	0,5	2	н/д	0,2	н/д	н/д	н/д
Уренгойская тундра (Опекунова и др., 1998)	<i>Cladonia alpestris</i>	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,02	0,07	н/д	0,03	0,06
	<i>Ledum decumbens</i>	1,2	4,0	0,3	0,3	0,1	0,02	0,1	0,01	0,01	н/д	0,04	0,02
Кб для растительности суши (Добровольский 2003)		0,7	6,9	12	2,3	1,5	1,4	0,6	4,4	1,0	7,6	1,6	0,4

н/д* - расчет не произведен в связи с содержанием микроэлемента в растении ниже предела чувствительности

Таблица 32.

Содержание микроэлементов в индикаторных видах растений исследованной территории, мг/кг сухого вещества

участок	вид		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Юрхаровский ЛУ	лишайник	n=15	3	97	23	17	3,9	0,42	3,7	0,06	0,3	0,039	0,12	0,5
	багульник	n=25	24	1702	40	20	2,0	0,31	1,6	0,06	0,4	н/д	н/д	0,9
Кынско-Часельский ЛУ	лишайник	n=36	3	50	17	19	1,1	0,35	3,1	0,11	0,4	0,022	0,07	0,3
	багульник	n=40	29	466	25	18	1,5	0,30	1,1	0,03	0,3	н/д	н/д	<0,3
	брусника	n=28	25	748	26	15	1,0	0,24	0,83	0,04	0,4	н/д	н/д	<0,3
	голубика	n=10	17	414	60	18	3,0	0,23	1,83	0,26	0,2	н/д	н/д	<0,3
Северо-Пуровский ЛУ	лишайник	n=33	5	42	11	1	0,8	0,09	3,6	0,11	0,8	н/д	н/д	0,3
	багульник	n=32	99	1752	20	3	1,2	0,12	1,5	0,04	0,8	н/д	н/д	0,3
	брусника	n=18	55	1652	23	3	0,9	0,06	0,39	0,02	0,5	н/д	н/д	0,09
Западно-Ярояхинский ЛУ	лишайник	n=12	13	45	15	2	1,2	0,17	2,8	0,24	1,0	<0,05	0,19	0,6
	багульник	n=22	141	1583	30	5	1,4	0,12	0,6	0,03	0,8	<0,10	<0,05	0,3
	брусника	n=12	122	2038	31	5	0,8	0,07	0,23	0,03	0,3	н/д	н/д	0,1
Надымский ЛУ	лишайник	n=	5	24	14	1	0,9	0,07	2,5	0,07	0,3	0,014	0,29	<0,3
	багульник	n=	104	581	24	4	1,3	0,07	1,1	0,03	0,1	0,044	<0,1	<0,3
	брусника	n=18	120	942	24	3	1,0	0,08	0,72	0,02	0,2	0,014	0,1	<0,3
Западно-Песцовый ЛУ	лишайник	n=10	7	95	19	7	0,7	0,1	1,3	0,06	0,3	0,021	<0,1	<0,3
	багульник	n=24	157	1006	33	7	1,9	0,1	0,6	0,08	0,7	0,023	<0,1	<0,3
	брусника	n=25	74	1562	28	8	0,4	0,14	0,47	0,03	0,2	0,017	<0,1	<0,3
Парусовый ЛУ	лишайник	n=5	6	92	21	7	0,5	0,1	1,2	0,06	0,3	0,021	0,10	0,5
	багульник	n=12	147	1171	34	7	2,0	0,1	0,7	0,08	0,5	0,020	<0,1	<0,3
	брусника	n=	84	1475	38	9	1,5	0,11	0,43	0,09	0,3	0,017	<0,1	<0,3
Северо-Парусовый ЛУ	лишайник	n=8	6	80	20	5	0,6	0,2	0,6	0,07	0,3	0,030	0,15	0,3
	багульник	n=25	156	1091	32	8	2,5	0,1	0,6	0,08	0,5	0,021	<0,1	<0,3
	брусника	n=8	79	1698	25	8	0,5	0,10	0,39	0,03	0,3	0,019	<0,1	<0,3
	голубика	n=30	91	1208	55	9	3,3	0,2	0,5	0,17	0,6	0,016	<0,1	<0,3
Южно-Парусовый ЛУ	лишайник	n=6	7	61	22	7	0,6	0,1	0,8	0,04	0,3	0,020	0,2	0,5
	багульник	n=16	143	1225	34	8	2,5	0,1	0,7	0,10	0,6	0,021	<0,1	<0,3
	брусника	n=18	78	1672	27	8	0,5	0,10	0,43	0,03	0,2	0,017	<0,1	<0,3
Северо-Самбургский ЛУ	лишайник	n=9	7	89	15	6	0,7	0,1	0,7	0,05	0,3	0,027	0,1	0,4
	багульник	n=24	151	1204	34	7	2,1	0,1	0,6	0,08	0,4	0,022	<0,1	<0,3
	брусника	n=12	67	1485	26	9	1,0	0,09	0,38	0,03	0,3	0,019	<0,1	<0,3
	голубика	n=18	90	1272	54	10	3,7	0,15	0,54	0,19	0,6	0,017	<0,1	<0,3
Тазовско-Заполярный ЛУ	лишайник	n=28	7	92	20	7	0,7	0,1	1,2	0,06	0,3	0,022	<0,1	<0,3
	багульник	n=25	140	1077	34	7	1,9	0,1	0,6	0,07	0,6	0,020	<0,1	<0,3
	брусника	n=22	75	1609	27	8	0,4	0,15	0,45	0,04	0,2	0,017	<0,1	<0,3
Яро-Яхинский ЛУ	лишайник	n=17	7	88	21	1	0,6	0,2	1,0	0,08	0,4	0,020	<0,05	<0,3
	багульник	n=28	123	1160	35	4	2,4	0,1	2,7	0,25	0,6	0,021	<0,05	<0,3
	голубика	n=24	98	992	48	5	2,7	0,14	2,20	0,23	0,7	0,020	<0,05	<0,3
Северо-Часельский ЛУ	лишайник	n=21	9	82	13	1	0,5	0,2	0,9	0,07	0,3	0,021	<0,05	<0,3
	багульник	n=22	107	1132	28	5	2,6	0,1	2,1	0,21	0,4	0,021	<0,05	<0,3
	голубика	n=18	97	1035	48	6	2,5	0,14	2,52	0,26	0,5	0,017	<0,05	<0,3
Самбургский ЛУ	лишайник	n=17	14	90	22	2	0,6	0,1	1,2	0,07	0,3	0,022	<0,05	<0,3
	багульник	n=32	108	1110	44	4	2,5	0,1	2,9	0,15	0,4	0,019	<0,05	<0,3
	голубика	n=27	105	937	42	5	2,1	0,14	1,52	0,19	0,4	0,019	<0,05	<0,3
Береговой ЛУ	лишайник	n=35	26	72	14	2	8,4	0,7	2,3	0,09	н/д	0,0004	<0,1	1,4
	багульник	n=30	87	1299	18	4	4,2	0,7	0,6	0,01	н/д	0,0019	<0,1	0,5
	брусника	n=8	60	1770	16	3	2,7	0,13	0,22	0,01	н/д	0,0008	<0,1	0,4
Пырейный ЛУ	лишайник	n=26	20	92	12	2	9,0	0,4	1,9	0,09	н/д	0,0004	<0,1	1,9
	багульник	n=29	91	1515	17	4	5,1	0,2	0,3	0,02	н/д	0,0025	<0,1	0,8
	брусника	n=8	52	1955	14	3	2,8	0,10	0,10	0,01	н/д	0,0010	<0,1	0,4
Ево-Яхинский ЛУ	лишайник	n=23	52	55	32	5	3,6	1,9	1,0	0,04	н/д	0,001	<0,1	2,7
	багульник	n=27	132	1218	26	4	1,8	0,3	0,4	0,02	н/д	0,0005	<0,1	0,9
Северо-Уренгойское м-е (Опекунова и др., 1998)	лишайник		20	55	38	6	1,7	2,0	5	<0,01	3,2	н/д	0,05	3
	багульник		124	599	29	15	1,1	0,1	1,3	<0,01	0,4	н/д	0,04	1,2

окончание табл. 32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ево-Яхинское м-е (Опекунова и др., 1998)	лишайник	88	42	17	12	1,3	0,2	4,8	<0,01	1,0	н/д	0,03	3,0
	багульник	389	682	14	23	1,1	0,2	1,2	<0,01	0,4	н/д	0,03	1,0
Самбургское м-е (Опекунова и др., 1998)	лишайник	54	58	11	3	1,2	0,2	2,8	<0,01	1,8	н/д	0,02	1,4
	багульник	114	584	25	7	1,2	0,2	2,8	<0,01	0,3	н/д	0,04	0,7
Надымский район (Хренов, 1993)	лишайник	н/д	63-92	н/д	2,5-3,5	2,5-4,6	0-0,2	2-10	н/д	4-5	н/д	н/д	н/д
П-ов Ямал, (Валеева, Московченко, 2000).	лишайник	н/д	65	н/д	н/д	0,9	0,17	0,73	н/д	0,83	н/д	н/д	н/д
Парк «Нумто» (Валеева, Московченко, 2001, 2002)	лишайник	н/д	21	8	1,2	0,5	0,08	3,3	0,08	1	н/д	н/д	н/д
Север Евразии (Евсеев, 2003)	лишайник	н/д	н/д	15	1,5	1	0,2	2,0	0,2	н/д	н/д	н/д	н/д
Север Зап. Сибири (Московченко, Валеева, 2011)	лишайник	н/д	37	17	1,8	0,9	0,2	4,5	0,1-0,28	1,4	н/д	н/д	н/д
Фоновые районы Арктики (Евсеев, 2006)	лишайник	7	н/д	н/д	15	1,5	1,0	0,2	2,0	0,2	н/д	н/д	н/д
Нефтезагрязненные тер-и Южно-Сургутского м-я (Шепелева и др., 2013)	багульник	н/д	н/д	н/д	6,9	0,8	н/д	2,3	0,19	н/д	н/д	н/д	н/д
	брусника	н/д	н/д	н/д	4,2	0,7	н/д	2,0	0,35	н/д	н/д	н/д	н/д
Бованенковское м-е, (Московченко, 1998)	ива <i>Salix glauca</i>	14	350	62	3	1,2	0,6	0,5	н/д	0,4	н/д	н/д	н/д
Уренгойские тундры (Московченко и др., 2011)	багульник	н/д	519	21	5	1,6	0,1	1,3	0,11	0,59	0,01	0,12	н/д
Фон для растений севера Западной Сибири (Опекунов и др., 2012)	лишайник	17	171	15	1,4	0,7	0,2	2,5	0,1	0,4	0,03	0,13	0,4
	багульник	79	1136	30	4,6	1,6	0,3	1,5	0,5	0,4	0,04	0,05	0,3
	брусника	55	1355	24	3,6	1,0	0,2	1,3	0,05	0,6	0,02	0,04	0,2
региональный фон тундра/лесотундра (Опекунова и др., 2015)		81	330	47	6	1,5	0,5	2	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Кларк растений суши (Добровольский, 2003)		22,5	205	30	8	2	0,5	1,25	0,035	1,8	н/д	н/д	1,5

Таблица 33.

Среднее содержание и значение коэффициентов биологического поглощения (Кб)
индикаторных видов растений различных ПТК исследованной территории

			Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg
лишайник <i>Cladonia alpestris</i>	а	мг/кг	6	69	18	9	0,9	0,20	2,2	0,07	0,5	0,025
		Кб	0,2	1,2	0,8	1,1	0,2	0,1	0,6	0,4	0,1	0,4
	б	мг/кг	8	49	17	4	0,9	0,17	2,0	0,11	0,5	0,020
		Кб	0,3	2,2	1,1	0,7	0,4	0,2	0,6	0,7	0,3	0,5
	в	мг/кг	6	52	17	10	0,8	0,18	2,3	0,10	0,4	0,022
		Кб	0,1	0,8	0,7	1,3	0,6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	г	мг/кг	9	58	13	1	0,7	0,15	2,1	0,13	0,7	0,024
		Кб	0,1	2,1	0,7	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6	0,3	0,6
	д	мг/кг	5	34	15	11	0,9	0,40	3,2	0,09	0,5	0,025
		Кб	0,1	0,8	1,2	1,3	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4
багульник <i>Ledum decumbens</i>	а	мг/кг	111	1166	33	9	2,0	0,18	1,2	0,08	0,5	0,025
		Кб	3,9	15	1	2	0,3	0,1	0,3	0,4	0,1	0,4
	б	мг/кг	107	1150	32	7	2,0	0,13	1,6	0,11	0,5	0,025
		Кб	3,3	49	2	2	0,5	0,1	0,7	0,5	0,2	0,5
	в	мг/кг	96	931	30	9	1,5	0,16	1,4	0,09	0,4	0,023
		Кб	1,7	15	1	2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3
	г	мг/кг	109	1346	30	4	1,8	0,11	1,7	0,11	0,5	0,019
		Кб	1,7	47	1	1	0,3	0,1	0,3	0,4	0,2	0,4
	д	мг/кг	63	717	22	14	1,9	0,21	1,1	0,03	0,4	0,020
		Кб	0,6	17	1	2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	а	мг/кг	72	1456	28	7	0,7	0,12	0,6	0,04	0,3	0,017
		Кб	2,1	13	1	2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3
	б	мг/кг	78	1180	29	7	0,6	0,15	1,4	0,03	0,3	0,016
		Кб	1,8	38	2	3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4
	в	мг/кг	49	1217	27	10	0,7	0,17	1,2	0,03	0,3	0,019
		Кб	1,2	26	1	3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
	г	мг/кг	86	1843	27	4	0,8	0,07	0,7	0,03	0,4	0,015
		Кб	1,1	75	1	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
	д	мг/кг	42	1275	25	11	0,9	0,19	0,5	0,05	0,5	0,010
		Кб	0,4	33	2	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	а	мг/кг	89	1164	53	8	3,4	0,15	0,9	0,20	0,6	0,017
		Кб	2,9	7	2	3	0,4	0	0,2	1,3	0,1	0,5
	б	мг/кг	93	983	46	6	2,5	0,15	2,0	0,21	0,5	0,020
		Кб	2,7	13	2	2	0,4	0,1	2,3	1,9	0,1	0,5
	в	мг/кг	108	858	48	8	3,2	0,14	1,1	0,21	0,6	0,019
		Кб	3,7	9	2	2	0,4	0,1	0,9	1,2	0,1	0,5
	г	мг/кг	91	947	47	5	2,0	0,13	2,1	0,20	0,5	0,019
		Кб	1,8	11	2	1	0,3	0,1	0,5	0,7	0,1	0,4
	д	мг/кг	99	983	45	5	1,9	0,14	2,2	0,20	0,5	0,019
		Кб	1,7	9	2	1	0,3	0,1	0,3	2,2	0,1	0,5

а) кустарничково-мохово-лишайниковые полигональные тундры на криоземах глеевых; б) кустарничково-мохово-лишайниковые плоскобугристые и крупнобугристые торфяники на торфяных олиготрофных глеевых почвах; в) лиственничные и елово-лиственничные с примесью кедра редколесья и редины на глееземах торфянистых; г) лиственничные леса на подзолах иллювиально-железистых; д) кедровые и елово-кедровые леса на глееземах торфянистых; ж) смешанные лиственнично-елово-кедрово-березовые леса в долинах рек на глееземах торфянистых

Таблица 34.

Статистические показатели содержания микроэлементов и значения Кб в лишайниках нарушенных и фоновых участков исследованной территории

		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
концентрация, мг/кг сухого вещества													
Нарушенные участки	средн	11	85	18	7,4	2,5	0,3	2,0	0,09	2,2	0,03	0,2	0,8
	мин	1	22	8	0,6	0,1	0,1	0,1	0,003	0,1	0,01	0,03	0,3
	макс	55	269	141	25	24	2,0	6,2	0,45	20	0,07	1	7
	коэф вар, %	78	56	65	126	153	83	67	85	157	65	84	135
	n	228	228	228	228	228	228	228	228	228	189	189	228
Фоновые участки	средн	7	70	19	4,8	0,7	0,1	1,0	0,06	0,3	0,02	<0,1	<0,3
	мин	1	35	12	0,7	0,4	0,1	0,3	0,03	0,12	0,01	<0,1	<0,3
	макс	10	130	26	10	2,1	0,4	2,0	0,10	1	0,04	<0,1	<0,3
	коэф вар, %	28	33	18	63	36	38	48	35	35	30		
	n	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
F-расч/F-крит		91>1.5	1.9>1.5	10>1.5	8>1.6	230>1.5	21>1.5	2>1.7	18>1.5	5>1.5	2.7>1.5		
t-расч/t-крит		7>2	3>2	2.1>2	2/5>2	6>2	8>2	5>2	3.6>2	3.6>2	4>2		
Кб													
Нарушенные участки	средн	0,2	1,1	0,9	0,7	0,4	0,16	0,5	0,6	0,26	0,6	0,6	0,2
	мин	0,01	0,01	0,09	0,1	0,015	0,020	0,011	0,011	0,014	0,012	0,017	0,010
	макс	1,9	11,6	4,4	4,0	1,9	0,92	7,0	7,0	1,7	5,0	5,9	2,2
	коэф вар, %	114	124	75	107	113	103	167	151	109	104	153	157
	n	224	226	226	228	228	227	219	225	226	178	182	223
Фоновые участки	средн	0,1	1,3	0,8	1,9	0,1	0,04	0,4	0,4	0,05	0,4		
	мин	0,08	0,1	0,36	0,1	0,03	0,01	0,03	0,06	0,01	0,11		
	макс	0,7	8,8	1,8	8,5	0,2	0,3	2,6	2,3	0,1	1,4		
	коэф вар, %	65	121	43	93	65	102	140	117	104	77		
	n	51	51	51	50	51	51	51	50	51	48		
F-расч/F-крит		2,3>1.5	8>1.5	4>1.5	1.9>1.5	72>1.5	14>1.5	2>1.5	4>1.5	20>1.5	3.5>1.5		
t-расч/t-крит		2.2>2	6>2	2.2>2	4>2	103>2	9>2	2.1>2	2.5>2	7>2	2.4>2		

Таблица 35.

Статистические показатели содержания микроэлементов и значения Кб в кустарничках нарушенных и фоновых участков исследованной территории

				Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Багульник <i>Ledum decumbens</i>	концентрация, мг/кг сухого вещества	Нарушенные участки	средн	96	1173	28	7	2,5	0,21	1,4	0,08	1,3	0,017
			мин	9	208	12	2	0,3	0,10	0,1	0,01	0,14	0,0003
			макс	201	3292	64	26	11,0	0,9	5,3	0,44	7	0,100
			коэф вар,%	45	46	37	82	67	62	86	117	115	107
			n	287	287	287	287	287	232	271	270	273	193
		Фоновые участки	средн	87	1112	33	6	1,6	0,13	0,7	0,08	0,5	0,021
			мин	11	571	20	0,2	0,3	0,05	0,3	0,02	0,11	0,01
			макс	110	2009	43	16	4,0	0,5	1,7	0,50	1	0,03
			коэф вар,%	26	29	14	29	54	40	37	67	48	29
			n	177	187	193	184	193	193	193	193	193	193
		F-расч/F-крит		91>1.5	1.1<1.3	1.2<1.3	2>1.3	3>1.3	2.2>1.3	6>1.3	20>1.3	3>1.3	33>1.3
		t-расч/t-крит		7>2	11>2	1.6<2	2.1<2	4>2	3>2	7.5>2	9>2	3>2	1.9<2
	Кб	Нарушенные участки	средн	3	27	1	1,5	0,5	0,1	0,6	0,5	0,2	0,5
			мин	0,1	1,3	0,2	0,2	0,101	0,011	0,010	0,011	0,015	0,013
			макс	26	200	7	16	2	1	9	9	1	5
			коэф вар,%	127	127	69	136	73	103	228	252	105	118
			n	283	282	284	286	271	281	256	276	282	186
		Фоновые участки	средн	2	6	1	2	0,2	0,05	0,2	0,6	0,05	0,4
			мин	1,5	0,7	0,6	0,6	0,02	0,01	0,038	0,036	0,003	0,085
			макс	12	20	3	16	1	1	1	7	0	1
			коэф вар,%	50	68	39	97	60	90	113	168	116	71
			n	177	187	193	184	193	193	193	193	193	193
		F-расч/F-крит		1.6>1.3	78>1.3	4>1.3	1.4>1.3	3>1.3	2>1.3	34>1.3	1.7>1.3	15>1.3	4>1.3
		t-расч/t-крит		8>2	10>2	3>2	4>2	8>2	7>2	4>2	0.6<2	11>2	1.6<2
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	концентрация, мг/кг сухого вещества	Нарушенные участки	средн	100	1301	26	8	1,1	0,14	0,9	0,03	0,5	0,013
			мин	34	229	13	2	0,1	0,03	0,1	0,01	0,02	0,0005
			макс	179	3491	47	25	7,2	0,5	5,2	0,19	3	0,02
			коэф вар,%	35	46	24	75	99	79	124	93	119	54
			n	88	88	87	88	88	88	88	88	88	52
		Фоновые участки	средн	77	1586	29	7	0,4	0,1	0,4	0,03	0,3	0,017
			мин	50	701	21	2	0,3	0,1	0,2	0,01	0,10	0,010
			макс	129	2170	73	10	0,6	0,2	0,7	0,06	1	0,03
			коэф вар,%	21	18	30	21	21	32	22	43	39	23
			n	122	121	122	122	122	122	122	122	122	120
		F-расч/F-крит		3.7>1.5	3.2>1.5	2>1,4	3>1.7	31>1.5	1.8>1.5	5>1.5	4>1.5	5>1.5	1.3<1.8
		t-расч/t-крит		3>2	1.4<2	1.8<2	3>2	4>2	3>2	4>2	1.5<2	5>2	1.4<2
	Кб	Нарушенные участки	средн	2	30	1	2	0,18	0,09	0,15	0,15	0,09	0,27
			мин	0,1	0,2	0,2	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			макс	22	287	6	10	0,9	1,0	1,1	0,6	0,5	0,9
			коэф вар,%	179	149	66	118	94	152	130	85	87	77
			n	87	86	86	84	85	84	75	85	85	49
		Фоновые участки	средн	3	9	1	3	0,06	0,05	0,11	0,27	0,02	0,31
			мин	0,7	1,9	0,5	0,7	0,02	0,01	0,02	0,02	0,001	0,08
			макс	8	35	2	15	0,3	0,6	0,6	1,5	0,1	1,0
			коэф вар,%	61	77	42	101	87	110	85	126	85	62
			n	91	92	92	89	91	91	90	90	92	90
		F-расч/F-крит		1.8>1.5	68>1.5	2>1.5	1.6>1.5	4>1.5	2>1.5	34>1.5	1.9>1.5	10>1.5	3>1.5
		t-расч/t-крит		6>2	9>2	4>2	3>2	7>2	6>2	3>2	1<2	12>2	1.7<2

окончание таблицы 35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>	концентрация, мг/кг сухого вещества	Нарушенные участки	средн	96	968	47	6	2,4	0,14	1,9	0,21	0,5	0,019
			мин	13	168	31	3	0,5	0,07	0,2	0,03	0,2	0,009
			макс	191	1690	79	21	5,2	0,3	5,3	0,47	0,5	0,032
			коэф вар, %	38	28	17	50	48	28	66	48	49	28
			п	73	73	73	73	73	73	73	73	73	70
		Фооновые участки	средн	92	1211	54	9	3,4	0,2	0,5	0,18	0,7	0,016
			мин	50	700	38	7	0,8	0,1	0,2	0,15	0,26	0,009
			макс	130	1780	75	12	6,0	0,2	0,8	0,50	1	0,03
			коэф вар, %	25	27	22	19	48	19	28	28	31	31
			п	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
		F-расч/F-крит		2.6>1.8	1.5<1.6	2.2>1.6	1.7>1.6	2.1>1.5	1.2<1.6	65>1.6	4>1.6	1.4<1.6	1.2<1.6
		t-расч/t-крит		0.8<2	3 >2	1.5<2	13>2	3.6>2	2>1.98	9>2	2.1>2	3.2>2	3>2
	Кб	Нарушенные участки	средн	3	13	2	2	0,4	0,09	0,85	1,42	0,11	0,53
			мин	0,1	0,2	0,8	0,5	0,04	0,011	0,015	0,061	0,010	0,121
			макс	8	55	5	4	1,0	0,5	5,4	8,5	0,5	1,9
			коэф вар, %	64	93	46	51	59	131	147	134	79	63
			п	73	73	73	72	72	72	68	70	73	70
		Фооновые участки	средн	3	6	2	3	0,4	0,03	0,15	1,25	0,04	0,45
			мин	1,2	0,5	0,9	0,9	0,04	0,006	0,033	0,348	0,009	0,096
			макс	7	22	4	10	1,1	0,2	0,9	5,3	0,1	1,3
			коэф вар, %	48	81	44	79	73	115	127	99	67	68
			п	7	46	46	44	45	46	46	46	46	46
		F-расч/F-крит		1.7>1.6	10>1.6	1.5<1.6	1.7>1.6	2>1.6	2>1.6	4>1.6	3>1.6	11>1.6	2>1.6
		t-расч/t-крит		2>2	3>2	1.8>2	3>2	2>2	8>2	6>2	1<2	14>2	1.4<2

Таблица 36.

Факторная структура выборок содержания ТМ в багульнике *Ledum decumbens* (ЛУ исследованной территории)

Обобщенная выборка по ЛУ Тазовского полуострова (август, начало сентября)	Самбургский, Северо-Часельский, Яро-Яхинский ЛУ (конец июля, начало августа)	Южно-Парусовый, Северо-Парусовый, Парусовый ЛУ (вторая половина августа)
F1₄₀ <u>Cu92Pb81Co75Mn58Zn50</u> Ba86Cr32	F1₁₈ <u>Zn70</u> Cd78Cr46Co39Mn35	F1₁₈ <u>Ba85Cu57</u> Mn45Cd41Cr35
F2₁₃ <u>Ni74Cr56Cd33Zn33</u>	F2₁₅ <u>Cu52Mn48</u> Ba60Ni60	F2₁₇ <u>Mn59</u> Co70Cr69Ni31
F3₁₁ <u>Cd77Mn49</u> Co33	F3₁₃ <u>Cu52</u> Co53Zn47Pb42Mn42	F3₁₅ <u>Cd74Ni51Zn49Cu39</u>
F4₉ <u>Zn38Ni30</u> Cr72	F4₁₂ <u>Cr63Pb58</u> Co44Mn35	F4₁₃ <u>Pb51Cu42</u> Zn66
F5₉ <u>Cd42Zn39</u> Ni59Mn34	F5₁₁ <u>Ba54</u> Ni63Cu32Co31	F5₁₀ <u>Ni32</u> Pb71Co42Zn34

Таблица 37.

Факторная структура выборок содержания ТМ в лишайнике *Cladonia alpestris* (ЛЮ исследованной территории)

Обобщенная выборка по ЛЮ Тазовского полуострова (август, начало сентября)	Самбургский, Северо-Часельский, Яро-Яхинский ЛЮ (конец июля, начало августа)	Береговой, Пырейный ЛЮ (начало июня).
F1₄₂ <u>Ba81</u> Co94Cu90Pb85Zn61Mn30	F1₂₁ <u>Zn79Cu79Ba65</u>	F1₃₈ <u>Cu94Ni94Cr71Pb69Zn61Ba45</u>
F2₁₈ <u>Ni54</u> Mn67Cd61Zn51Cr31Ba30	F2₁₇ <u>Cr86Pb58</u> Cd62	F2₁₆ <u>Mn53Zn49Co37</u> Cd76Pb40
F3₁₁ <u>Cr74Ni60</u>	F3₁₆ <u>Ni68Mn60</u> Co65Cu34	F3₁₃ <u>Cr52Co49</u> Ba57Zn43
F4₁₀ <u>Cr49</u> Cd45Ni45Mn33	F4₁₂ <u>Pb61Cd56Co44Ni31Zn27</u>	F4₁₀ <u>Mn70</u> Co58
F5₈ <u>Cd58</u> Mn55	F5₁₀ <u>Ni44</u> Mn70	F5₉ <u>Cd52Mn48Co48</u>
F4₁₂ <u>Pb61Cd56Co44Ni31Zn27</u>	F4₁₂ <u>Cu56Pb43</u> Zn70	F4₈ <u>Mn45V43Cd38</u>
F5₁₀ <u>Ni44</u> Mn70	F5₁₀ <u>Ba40</u> Cu58	F5₆ <u>Ba54Mn44</u>

Таблица 38.

Факторная структура содержания микроэлементов в растениях исследованной территории

Багульник <i>Ledum decumbens</i>	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
F I24% <u>Ni89Cr89Ba43Cd45Cu41Mn36Hg33</u>	F I28% <u>Hg53</u> Ba92Mn92Co92Ni81Cd74Cr70Cu64Zn49
F II16% <u>Cd40</u> Zn68Ba53Cu43Hg37Mn34Co33	F II19% <u>Pb92Zn67</u> Cu58
F III13% <u>Mn57</u> Pb81Zn45	F III11% <u>Hg52Cu39</u> Cr64Ni40
F IV13% <u>Cu40Cd40Zn30</u> Hg62Co52Pb31	F IV10% <u>Cd44</u> Hg62Cr28Ni26Co25
F V10% <u>Co66Cu39</u> Ba36Mn31Pb36	F V9% <u>Ba28Pb29</u> Zn36Cd28
F VI7% <u>Ba46</u> Cu43Mn39	F VI8% <u>Cd36Ni23Hg23</u>
Лишайник <i>Cladonia alpestris</i>	Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i>
F I35% <u>Cu94Ni92Pb72Cr69Zn65Ba46</u>	F I20% <u>Ba47Mn27</u> Cd68Zn67Cr52Ni45Cu44Pb28
F II17% <u>Mn53Co52</u> Hg72Cd61Pb39	F II15% <u>Ba53Ni40Hg42</u> Co72Pb45Mn33
F III13% <u>Cr50Cd30</u> Zn62Ba51Mn37Hg30	F III11% <u>Cu60Pb47Zn35</u> Cd38Mn35
F IV9% <u>Mn60</u> Co66	F IV11% <u>Cu37Cd32</u> Hg68Pb39Cr36Ni29
FV9% <u>Cd58Co40Mn33</u> Cr52Ba47	F V11% <u>Mn66Ba50Cr36Pb32</u>
FVI9% <u>Ba66Cd26</u> Hg36	F VI7% <u>Co39Cd32</u> Zn56Hg54



Парусовый ЛПУ



Северо-Часельский ЛПУ

Рис. 22. Сцементированная поверхность из буровых растворов на территории ЛПУ (фото автора)



а



б

Рис. 23. Вторичные сообщества на участках проведения буровых работ, Береговой ЛПУ (фото автора), а) - длительнопроизводное злаковое сообщество вблизи скважин Р-5, Р-6 и Р-9; б)- Фрагментарная вторичная растительность из овсяницы красной *Festuca rubra*, луговика *Deschampsia borealis*, хвоща *Equisetum sylvaticum* и иван-чая *Chamaerion angustifolium*



а



б

Рис. 24. Подтопление территории и образование вторичных сообществ на участках законсервированных разведочных скважин (фото автора), а) – вторичное веерно-пушицевое сообщество на Южно-Парусовом ЛПУ. б)- вторичное осоковое сообщество на Северо-Парусовом ЛПУ



а

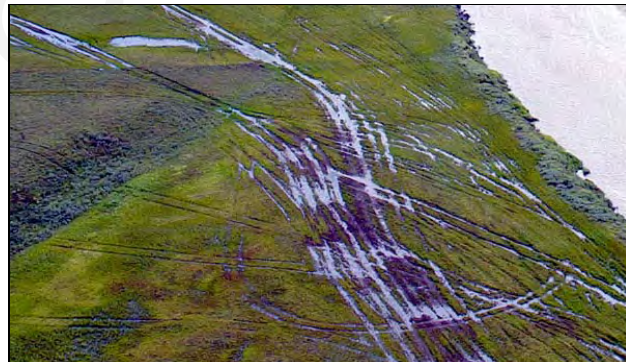
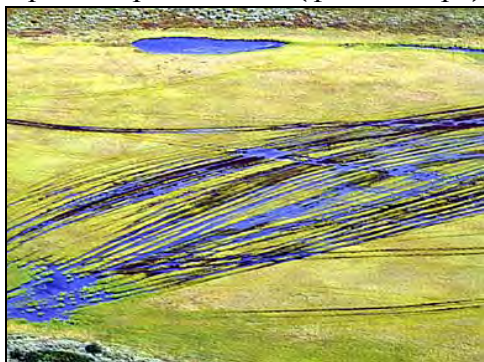


б

Рис. 25. Вторичные сообщества на участках механических нарушений вследствие движения тяжелой техники (фото автора), а)- разнотравно-вейниковое сообщества из *Calamagrostis holmii* и *C. Langsdorffii* с подростом березы *Betula pubescens* вдоль линии трубопровода, Береговой ЛУ; б)- фрагментарные группировки, Западно-Песцовый ЛУ



Рис. 26. Вторичное заболачивание территории на участках разъездов гусеничного транспорта, Пырейный ЛУ (фото автора)

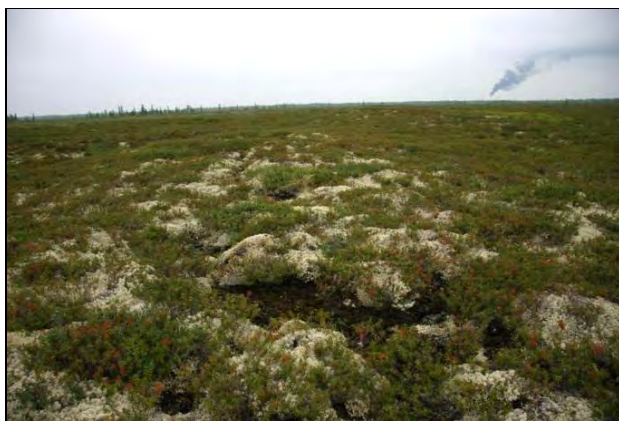


Северо-Парусовый ЛУ



Надымский ЛУ

Рис. 27. Заболачивание на участках разъездов гусеничного транспорта (фото автора)



Береговой ЛУ



Пырейный ЛУ

Рис. 28. Развитие термокарстовых явлений (фото автора)



а



б

Рис. 29. Формирование вторичных заболоченных сообществ вследствие строительства линейных объектов (фото автора), а)- вторичное заболачивание вдоль линий магистрального газопровода, Западно-Песцовый ЛУ; б) – вторичное пушицевое сообществ вдоль отсыпной дороги, Яро-Яхинский ЛУ



а



б

Рис. 30. Полная смена ПТК вследствие нарушения поверхностного стока (фото автора), а)- нарушение стока и затопление территории в результате строительства автодороги, Береговой ЛУ; б) – деградация растительных сообществ, вследствие подтопления территории из-за нарушения поверхностного стока при строительстве отсыпной дороги, Пырейный ЛУ



а



б

Рис. 31. Нарушение береговой линии при пересечении газопроводами рек, Береговой ЛУ (фото автора), а)- активация линейной эрозии вдоль линии газопровода на берегу р. Малая Хадырьяха нарушение стока и затопление территории в результате строительства автодороги, Береговой ЛУ; б) – разрушение береговой линии р. Нгарка-Саловояха в месте пересечения ее газопроводом.



а



б

Рис. 32. Восстановление растительности на карьерах (фото автора), а)- песчаный карьер без рекультивации на территории Яро-Яхинского ЛУ, б) – песчаный карьер через 4 года после рекультивации, Пырейный ЛУ.



а



б

Рис. 33. Рекультивированные карьеры на территории Берегового ЛУ (фото автора), а)- рекультивация травосмесью; б) – рекультивация травосмесью и черенками кустарников (ива)



а



б

Рис. 34. Эрозия почв на территории Берегового ЛУ (фото автора), а)- эрозия почв и формирование вторичных осоково-пушицевых сообществ рядом с площадкой скважины Р-12; б)- эрозия почв в рекультивированном карьере



а



б

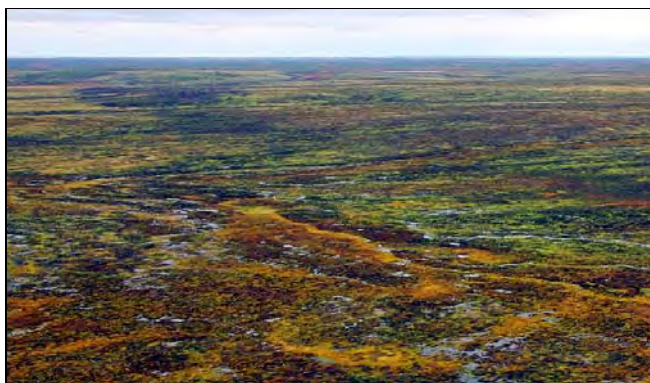


в



г

Рис. 35. Последствия лесных пожаров на исследованной территории (фото автора), а)- последствия пожаров текущего года, территория рядом с Хадыряхинским ЛУ; б)- последствия пожара годовой давности, Тазовско-Заполярный ЛУ; в) – процесс пожара, рядом с г. Новый Уренгой; г)- стародавнее пожарище на территории Берегового ЛУ.



а



б



в



г

Рис. 36. Вторичные сообщества на участках пожаров разной давности (фото автора), а)- вторичное заболачивание территории после пожара на территории Тазовско-Заполярного ЛУ; б)- восстановление злаково-разнотравной растительности, Тазовско-Заполярный ЛУ; в) – послепожарные сукцессии на территории Берегового ЛУ; г)- вторичные лишайниково-березовые сообщества на территории Западно-Яряхинского ЛУ.



Рис. 37. Водная эрозия, инициированная лесными пожарами, Тазовско-Заполярный ЛУ (фото автора)



Западно-Ярояхинский ЛПУ



Северо-Парусовый ЛПУ

Рис. 38. Антропогенные «раздувы» вследствие лесных пожаров (фото автора)

Таблица 39

Факторная структура выборок нарушенных и фоновых участках исследованной территории

	Антропогенно нарушенные участки	Фоновые участки
Поверхностные воды	F1 ₂₉ <u>Cd61Cr46</u> Cu79Ni61Pb59Co55Mn39Hy34	F1 ₃₅ <u>Zn94Pb79Hy77Ni76Ba43Cu41</u> Cr58
	F2 ₁₆ <u>Cr73Pb58Cd49Hy45Zn43</u>	F2 ₁₈ <u>Co51Pb39</u> Cu81Ba76
	F3 ₁₁ <u>Zn53</u> Mn65Cd42	F3 ₁₂ <u>Mn73Cd47Co45</u>
	F4 ₉ <u>Zn65Mn41Co37</u> Hy32	F4 ₉ <u>Cd80</u> Co43
	F5 ₉ <u>Hy42</u> Ba77	F5 ₈ <u>Cr51Co44</u> Mn51
	F6 ₉ <u>Co38</u> Hy56Mn38	F6 ₇ <u>Cr60</u>
	F7 ₆ <u>Cu35</u> Co45Ba32	F7 ₅ <u>Ni41</u> Hy49
Багульник <i>Ledum decumbens</i>	F1 ₃₀ <u>Ba82Cd61Pb42Cr41Mn33Ni32Zn28</u> Cu86Co64V39	F1 ₃₅ <u>Pb85Cr79V75Mn74Cu57Ni55Zn55Co33</u>
	F2 ₂₁ <u>V72Zn69Mn65Ni43Co35Cr32Cu29Pb28</u>	F2 ₂₄ <u>Ba89Cd87Co84</u>
	F3 ₁₆ <u>Cr51Mn50V33Ba30</u> Pb63Ni49Cd45	F3 ₁₄ <u>Zn68Cu51Ni45</u> Mn40Pb36Ba33
	F4 ₈ <u>Zn40</u> Cr55Co41Cd34	F4 ₁₀ <u>Ni45Cr42</u> Cu57V50
	F5 ₇ <u>Ni64</u> Pb45	F5 ₅ <u>Ni51</u> Zn39
	F6 ₆ <u>Zn42</u> Cd32	F6 ₄ <u>Cd42</u>
	F7 ₅ <u>Co34Cd32</u>	F7 ₃ <u>Mn33</u>
Донные осадки	F1 ₃₄ <u>Ni88Cu82Zn80Co79Hy56Mn48Cr41Ba37</u>	F1 ₅₀ <u>Cr95V88Ba88Co86Mn83Pb83Ni69Cu50Cd31Zn31</u>
	F2 ₁₃ <u>Ba60Cd48Pb44Mn44V41</u> Hy35	F2 ₁₄ <u>Cu67Zn61Ni54Zn53</u> Cd37Ba32
	F3 ₁₂ <u>V66Cd48</u> Ba50	F3 ₁₁ <u>Hy76Cd59</u>
	F4 ₉ <u>Cr43Mn41</u> Pb66	F4 ₈ <u>Hy60</u> Cd54Zn31
	F5 ₈ <u>Cr63Pb51</u>	F5 ₇ <u>Zn62</u> Cu41
	F6 ₇ <u>V48</u> Cd57Cr33	F6 ₄ <u>Mn32</u>
	F7 ₅ <u>Hy61</u> Co37Zn33	F7 ₂ <u>Mn31</u>