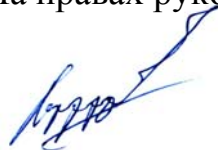


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

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

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург
2017

Работа выполнена на кафедре геоэкологии и природопользования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Научный руководитель: **Опекунова Марина Германовна**, доктор географических наук, профессор кафедры геоэкологии и природопользования Института наук о Земле, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты: **Московченко Дмитрий Валерьевич**, доктор географических наук, заведующий сектором геоэкологии, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем освоения Севера СО РАН, Тюмень.

Хайрулина Елена Александровна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии техногенных процессов, Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Москва.

Защита диссертации состоится 20 апреля 2017 в 15ч. на заседании диссертационного совета: Д 212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Металлистов д.3, ауд. 207.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2017г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук Истомин Е.П.

Введение

Актуальность проблемы. В последние десятилетия происходит интенсивное освоение нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ) месторождений севера Западной Сибири, и 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; Хаустов, Редина, 2006; Подавалов, 2010; Опекунов и др., 2012; Лаверов и др., 2016 и др.).

Специфические природные условия Севера определяют слабую устойчивость ПТК к антропогенному воздействию (Московченко, 1998, 2003, 2006, 2010; Опекунов и др., 2002, 2007, 2012, 2015; Капелькина, 2012, 2014; Опекунова и др., 2015 и др.). Контрастность физико-географических условий севера Западной Сибири определяет многообразие природных процессов. Одной из важных, и в тоже время сложных задач геоэкологии, является разделение антропогенных и природных факторов, оказывающих влияние на ПТК (Осипов, 1997; Мовчан, 2000, 2015; Мовчан, Опекунова, 2002; Исаченко, 2003; 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 важнейших задач можно считать определение достоверных индикаторов антропогенной нагрузки при освоении НГКМ с учетом ландшафтно-геохимических особенностей севера Западной Сибири.

В качестве **объекта исследований** выбраны ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья, север Западной Сибири, Ямало-Ненецкий автономный округ (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 НГКМ 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 и антропогенные факторы, определяющие химический состав компонентов ПТК на территории Надым-Пур-Тазовского междуречья;

Для решения поставленных задач использовались геоэкологические **методы исследований**, включающие в себя геоботанические, картографо-геоинформационные, ландшафтно-геохимические, сравнительно-географические, 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) НГКМ ЯНАО по договорам с ООО «Газпром добыча Уренгой», ОАО «Арктикгаз», ПАО «НК «Роснефть» и др. 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 в компонентах природных систем (наземных и водных) Надым-Пур-Тазовского междуречья 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;

- дана оценка изменений почвенного и растительного покровов вследствие механических нарушений при нефтегазодобыче;

- 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;

- применять полученные данные о фоновом содержании ТМ в компонентах ландшафтов исследованной территории при проведении фоновой оценки, а также при разработке и оптимизации программ экологического мониторинга территорий ЛУ НГКМ севера Западной Сибири.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 25.00.36 «Геоэкология (Науки о Земле)» по пунктам 1.8 «природная среда и геоиндикаторы ее изменения под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека: химическое и радиоактивное загрязнение почв, пород, поверхностных и подземных вод и сокращение их ресурсов, наведенные физические поля, изменение криолитозоны», 1.9 «оценка состояния, изменений и управление ландшафтами», 1.12 «геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля», 1.17. «геоэкологическая оценка территорий. современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля».

Основные защищаемые положения:

1. Химический состав компонентов ПТК Надым-Пур-Газовского 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, NH_4 , Ba и Cu , рост содержания в озерах минерального фосфора и аммонийного азота при отсутствии его нитратных и нитритных форм, увеличение в донных осадках концентрации NH_4 , Cu и V ; рост содержания в обоих генетических горизонтах почв Cu , Pb , Ba и NH_4 ; увеличение концентрации Ba , Mn , Cu , Ni , Co , Pb , Cd и Hg в лишайнике *Cladonia alpestris* (L.) Rubh; Ba , Cu , 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 варибельности 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; 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; Arctic Frontiers «Challenges for oil and gas development in the Arctic», Tromsø, 2008; Международная научно-техническая конференция «Нефть и газ Арктики, Москва, 2006; XII съезд РГО, Кронштадт, 2005 и др.

По теме диссертации опубликованы 24 печатные работы, в том числе две ста-

ты 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.

Структура и объем работы Диссертационная работа изложена на 150-ти страницах печатного текста, состоит из введения, 5-ти глав, заключения, приложения, содержит 35 таблицы, 106 рисунков, список литературы из 210 источников.

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 "Проэксон" 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.

Краткое содержание работы

Во *введении* обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи исследования, изложена научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

В *главе 1* приводятся используемые в работе методики исследований.

В *главе 2* рассматриваются природные условия севера Западной Сибири, определяющие миграцию и аккумуляцию загрязняющих веществ в компонентах ПТК.

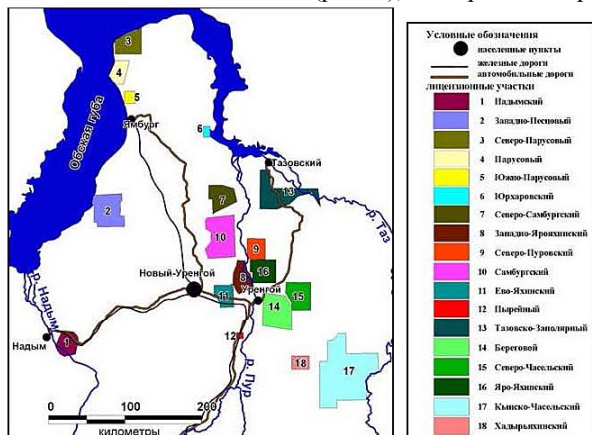
В *главе 3* выделены основные виды воздействий при нефтегазодобыче на севере Западной Сибири.

В *главе 4* проанализирован химический состав компонентов ПТК фоновых и нарушенных участков исследованной территории и проведена оценка степени их техногенной трансформации, определены основные антропогенные и природные факторы, определяющие химический состав компонентов ПТК.

В *главе 5* рассмотрены основные проблемы оценки антропогенного воздействия на ПТК ЯНАО и выделены индикаторы антропогенной нагрузки при освоении месторождений.

В *заключении* приведены основные результаты работы и даны рекомендации по их практическому применению.

Для достижения поставленной в работе цели и решения задач были изучены ПТК 18 ЛУ НГКМ ЯНАО (рис. 1), которые по характеру рельефа, структуре рас-



тительного и почвенного покровов, гидрографической сети являются типичными для территории нефтегазодобычи севера Западной Сибири. Исследования проводились в наиболее характерных ПТК, расположенных на фоновых участках и в зоне техногенного воздействия (рис. 2). Всего обследовано 1200 площадок (рис. 3).

Рис. 1. Схема расположения исследованных ЛУ НГКМ

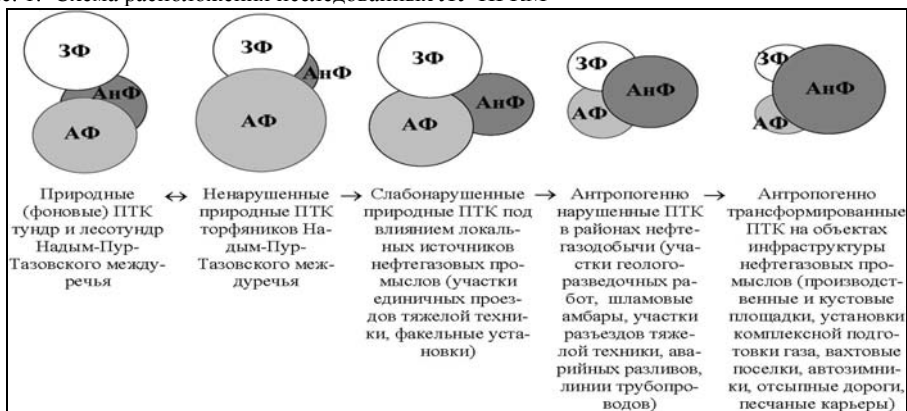


Рис. 2. Степень влияния зональных (ЗФ), азональных (АФ) и антропогенных (АнФ) факторов на компоненты ПТК исследованной территории

Полевые работы включали в себя детальное геоэкологическое описание, отбор образцов почв (из двух генетических горизонтов: аккумулятивного горизонта $A_0A_1(O)$ и иллювиального горизонта $B(B_g)$ ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02 - 84), индикаторных видов растений (лишайник *Cladonia alpestris*, багульник *Ledum decumbens*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, голубика *Vaccinium uliginosum*), при наличии водных объектов осуществлялся отбор проб воды и донных осадков (ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ 17.1.5.02-80).

Анализ химического состава компонентов ПТК (табл. 1) выполнен в Региональном Центре «Мониторинг Арктики», «И.К.М. Инжиниринг», Северо-Западном филиале ФГБУ «НПО «Тайфун» и Центральной аналитической лаборатории ВСЕГЕИ.

При математической обработке полученных данных проведен расчет стан-

-дартных статистических параметров, кластерный анализ и факторный анализ методом главных компонент с использованием ПО Statistica 10.0®™. Анализ выборок производился исключительно по данным о химическом составе компонентов ПТК, проанализированных в одной лаборатории, что существенно снизило погрешность. Для оценки закономерностей пространственного распределения поллютантов были построены ГИС с использованием ПО MapInfo 9.5®™ и Vertical Mapper 3.3®™.

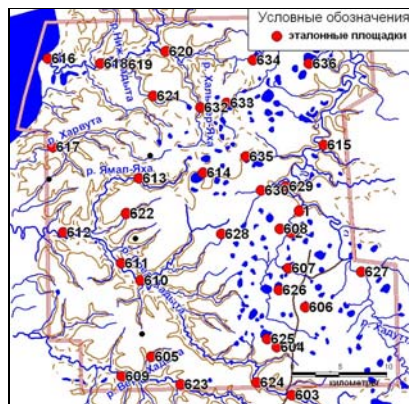


Рис. 3. Расположение площадок на территории Западно-Песцового ЛУ.

Таблица 1. Количество и перечень лабораторных исследований

Вид анализа	Метод анализа	Природные компоненты			
		Вода	Донные осадки	Почвы	Растения
Анионно-катионный состав	Физико-химический	625	-	-	-
Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, As, V	атомно-абсорбционный ICP-MS	550	514*	1603*	1329*
Hg	беспламенная атомная абсорбция	305	305*	950*	785*
HУ	ИК-спектрофотометрия/ флуорометрия	639	366/148	1283/320	-
ПАУ	Жидкостная хроматография	-	15	25	-

*- полное кислотное разложение

В качестве сравнительного материала использовались опубликованные литературные данные по оценке состояния компонентов ПТК севера Западной Сибири (Пиковский, 1988, 1993, 2003; Уварова 1989, 2010, 2011; Опекунова и др., 1996, 1998, 2005, 2012, 2015; Солнцева, Садов, 1997, 1998; Московченко, 1998, 2006, 2010; 2011, 2012; Арестова, 2003; Сысо 2007; Водяницкий 2011; Кремлева и др., 2012, 2013; Опекунова, 2013 и др.).

Проведенные статистический, кластерный и факторный анализы содержания поллютантов позволили выделить антропогенные и природные процессы, определяющие химический состав компонентов ПТК.

Основные процессы, формирующие **анионно-катионный** состав водотоков, - это природные, обусловленные поступлением химических веществ из горных пород и поверхности водосбора. Решающий вклад вносят зональные факторы. Можно выделить четкое различие в составе вод рек южной и северной части. Гидрохимические показатели рек в основном зависят от термического режима, характера почвенного покрова водосборной площади, типа донных отложений, гидрологические характеристики водотоков, подстилающих горных пород. Важными параметрами, определяющими химический состав, стали интенсивность поступления органического вещества с водосборных площадей и степень его минерализации (как в самой воде, так и в донных отложениях). Крайне значимым показателем, определяющим общий анионно-катионный состав водотоков, является характер окислительно-восстановительных условий.

Техногенные процессы определяют гидрохимический состав только малых водотоков. Значительная полноводность больших рек и локальное проявление антропогенного воздействия практически не приводят к существенному влиянию на них техногенного воздействия. Первый антропогенный фактор связан с загрязнением водотоков вследствие проведения буровых работ, что характеризуется увеличением содержания ионов хлора, натрия и сульфатов в воде. При этом стоит отметить, что концентрации этих веществ в основном определены на крайне низком уровне (0,3-22 мг/л). Исключение составляет единичное проявление на Пырейном ЛУ, где был зафиксирован аварийный сброс минерализованных пластовых вод на площадке куста скважин №5. В воде ручья в 50м от площадки, концентрация Cl⁻ достигает 816 мг/л. В реках нарушенных территорий отмечается достоверное увеличение средних, максимальных концентраций и значений коэффициентов вариации хлоридов, сульфатов и натрия (табл. 2).

Таблица 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 n=83	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
Фоновые Участки n=74	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
F-расч/F-крит		1,4<1,5	1,3<1,6	1,6>1,5	4,1>1,5	7,4>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
ПДКв.р.х.н			0,08	40	0,5	0,15	100	300	-	180	40	120	50	-

Вторым антропогенным фактором, оказывающим влияние на гидрохимический состав вод рек, стал процесс поступления химических элементов из горных пород вследствие антропогенно инициированной водной эрозии на нарушенных участках, что обуславливает достоверное увеличение содержания минерального фосфора в водотоках (табл. 2).

Анионно-катионный состав озер определяют ландшафтно-геохимические особенности водосборов. Основное влияние оказывают природные факторы: характеристики озера (водный и термический режимы, происхождение, характер озерной котловины, тип донных осадков), интенсивность разложения и накопления органического вещества в донных осадках, характер почвенного покрова водосборного бассейна. Химический состав горных пород оказывает меньшее влияние, чем в реках. Как и в водах рек, в озерах органическое вещество также определяет анионно-катионный состав.

Основным антропогенным процессом, определяющим гидрохимический состав вод озер, стало загрязнение вследствие поступления пластовых вод, бурового шлама, самих буровых растворов (с площадок проведения буровых работ) и сброса коммунальных стоков (вахтовые поселки). Достоверное увеличение концентрации сульфатов, хлоридов и натрия в водах озер связано с антропогенной нагрузкой при освоении месторождений (табл. 3). При этом стоит отметить, что проявление техногенных процессов носит локальный характер и оказывает значимое влияние

только на формирование анионно-катионного состава небольших водоемов.

Таблица 3. Статистические показатели анионно-катионного состава озерных вод нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/л)

		pH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	P мкг	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сухой остаток
антропогенно нарушенные участки n=116	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
Фоновые участки n=105	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
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.и			0,08	40	0,5	0,15	100	300	-	180	40	120	50	-

Основным природным процессом, определяющим микроэлементный состав поверхностных вод, стало поступлением ТМ и Аs в воды рек и озер воды из горных пород и почвенного покрова. Весомый вклад оказывают ландшафтно-геохимические условия, обуславливающие высокую вариабельность их содержания в водах.

Высокие концентрации ряда микроэлементов (Mn, Zn, Ni, Co, Cd, Hg, As и V) (табл. 4) в реках 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; Агбалян, Шинкарук, 2015; Манасыпов, Лим, 2015 и др.). Повышенный фон связан с интенсивным поступлением элементов в водотоки из горных пород и почвенного покрова

Таблица 4. Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Аs в речных водах антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мкг/л)

		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V	
Нарушенные участки n=92	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	68	н/р	
Фоновые участки n=81	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		
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	1<1.6	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	1<2		
ПДК р.х.и			50	740	10	10	1	10	10	6	5	20	0,00001	10	1

н/р- расчет не производился, 90% значений определено ниже предела чувствительности (<0,1 мкг/л)

К числу основных антропогенных факторов, определяющих микроэлементный состав речных вод, относятся процессы, связанные с загрязнением водотоков вследствие поступления поллютантов с производственных площадок и объектов инфраструктуры ЛУ. Статистический анализ содержаний НУ, ТМ и Аs выявил

достоверное увеличение концентраций НУ, Ва и Си в реках нарушенных участков (табл. 4). Подтверждением техногенного влияния служат результаты факторного анализа. НУ, Ва и Си образуют ассоциации элементов антропогенных факторов.

Как и в реках, основным природным фактором формирования микроэлементного состава озерных вод служит аazonальный, определяющий поступление ТМ в водоемы из горных пород и почвенного покрова. Весомый вклад оказывают процессы естественной эвтрофикации. Выделяются два антропогенных фактора, влияющих на микроэлементный состав водоемов. Первый является сходным с техногенным в речных водах и связан с загрязнением озерных вод вследствие поступления поллютантов с участков проведения буровых работ. Второй антропогенный процесс в водоемах является локальным и определяет загрязнение вблизи производственных площадок в результате поступления характерных субстанций: промывочных жидкостей, бурового шлама с высоким содержанием лигносульфатных добавок и нефтепродуктов, что обуславливает достоверное увеличение содержания НУ, Ва, Си и Сг (табл. 5). Однако, нужно отметить, что техногенное поступление Сг крайне локализовано и проявляется исключительно в малых торфяных озерах.

Таблица 5. Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Аs в озерных водах антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мкг/л)

		НУ	Ва	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки n=121	среди	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
Фоновые участки n=107	среди	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
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

Таким образом, поверхностные воды характеризуются низким уровнем антропогенного загрязнения, проявляющимся локально в малых реках и озерах. Химический состав, в основном, определяется природными процессами. В озерах техногенез оказывает более значимое влияние на формирование химического состава вод, чем в реках (рис. 4). Антропогенное воздействие обусловлено как

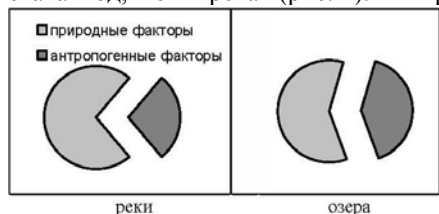


Рис. 4. Соотношение природных и антропогенных факторов, формирующих химический состав поверхностных вод

поверхностным смывом загрязняющих веществ с производственных площадок (в первую очередь, с площадок проведения буровых работ), так и прямым поступлением буровых растворов, пластовых вод, бурового шлама и нефтепродуктов в водные объекты, что выражается в увеличении концентрации НУ, Ва и Си в водах рек и озер.

Химический состав донных отложений рек и озер не имеет статистически достоверных различий и характеризуется в целом высокой вариабельностью значений, что обусловлено литогеохимическими условиями. Содержание НУ и мик-

роэлементов уменьшается по мере снижения количества органического вещества в донных осадках и увеличения размера частиц в ряду: *торф-торфянистые илы-илы-пески*.

Проведенный анализ выборок, разделенных по типам донных отложений, позволяет сделать вывод о ведущей роли естественных процессов, оказывающих влияние на формирование химического состава осадков (рис. 5). Основными при-

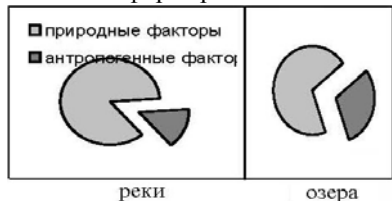


Рис. 5. Соотношение природных и антропогенных факторов, формирующих химический состав донных осадков

родными 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 в первую очередь, выражается в увеличении концентрации НУ в донных осадках рек и озер (табл. 6). При этом стоит отметить, что в песчаных осадках не происходит аккумуляции НУ и микроэлементов. Максимальное накопление НУ, ТМ и Ас определено в торфянистых илах. В целом донные осадки отличается низким уровнем содержания микроэлементов в водных объектах как фоновых, так и нарушенных участков.

Таблица 6. Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Ас в донных отложениях разного гранулометрического состава рек и озер антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/кг)

		илы, торфянистые илы												
		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки n=33	средн	336	19	64	12	4,4	8,3	2,2	1,7	0,25	8,4	0,008	0,39	5,1
	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
Фоновые участки n=29	средн	57	20	50	7	1,5	1,9	1,3	1,6	0,18	4,2	0,009	0,32	2,3
	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
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												
		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки n=39	средн	59	8	25	4	0,9	3,4	0,6	0,3	0,07	1,5	0,004	0,15	3,5
	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
Фоновые участки n=57	средн	58	16	28	5	0,4	3,1	0,6	1,1	0,22	2,8	0,009	0,26	2,9
	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
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

Техногенное воздействие характеризуется локальным загрязнением донных отложений рек и озер. Установлено достоверное увеличение содержания НУ, Сu, Ni и V в илах рек и озер нарушенных территорий.

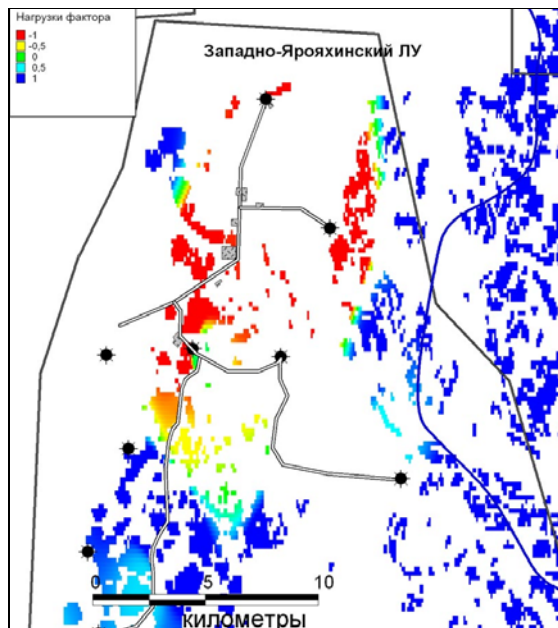
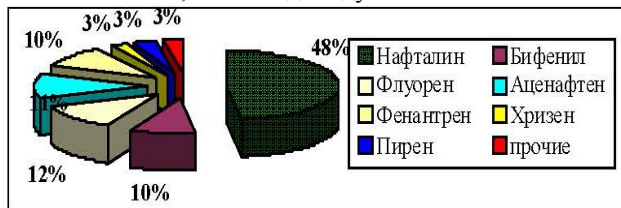


Рис. 6. Распределение нагрузок фактора нефтяного загрязнения в донных осадках озер Западно-Ярояхинского ЛУ (метод интерполяции IDW)

Выделен фактор нефтяного загрязнения донных отложений (рис. 6) как один из процессов, определяющих химический состав донных осадков. В озерах с максимальным проявлением фактора при физическом воздействии на донные отложения визуально наблюдается всплытие нефтяной пленки. Отмечается резкое увеличение концентрации НУ в донных осадках озер. Увеличение содержания Си и V в илах рек и озер проявляется локально рядом с участками проведения буровых работ. В донных осадках рек загрязнение выражено менее отчетливо.

Оценка содержания веществ группы ПАУ в донных отложениях водных объектов показала, что в индивидуальном составе ПАУ доминирует нафталин, доля



которого достигает 50% (рис. 7). Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина обусловлено загрязнением минерализованными пластовыми водами.

Рис. 7. Процентное распределение основных веществ ПАУ в донных осадках

Почвенный покров освоенных ЛУ характеризуется высокой вариабельностью значений и статистически достоверным увеличением концентрации НУ как в аккумулятивных, так и в иллювиальных горизонтах (табл. 7) почв ПТК, приуроченных к производственным объектам. В минеральных горизонтах почв нарушенных участков концентрация НУ выше на один-два порядка, по сравнению с фоновыми, но в целом содержание их в загрязненных почвах редко превышают значение 1000мг/кг (НД-№ 04-25/61-5678) (рис. 8).

Максимальная концентрация НУ определена в районе куста К-71 Яро-Яхинского ЛУ в 2011 г. на уровне 16929 мг/кг в поверхностном органогенном горизонте при резком падении содержания в иллювиальном (84 мг/кг), что свидетельствовало о недавнем аварийном разливе нефтепродуктов. Наиболее интен-

свное накопление НУ происходит в почвах с хорошо развитыми органомгенными поверхностными горизонтами. На катенарное распределение НУ в почвах основное влияние оказывает механический состав, а не положение в катене (рис. 9). В почвах нарушенных участков на нафталин приходится 50-100% от суммарного содержания веществ группы ПАУ (рис. 10). Как и в донных отложениях, это связано с поступлением на поверхность почвенного покрова пластовых вод при проведении буровых работ.

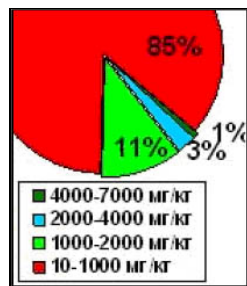


Рис. 8. Процентное распределение проб по содержанию НУ

Таблица 7. Статистические показатели содержания НУ, ТМ и Ас в почвах антропогенно нарушенных и фоновых участков исследованной территории (мг/кг)

		Аккумулятивные горизонты												
		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки n=240	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
Фоновые участки n=206	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
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
		Иллювиальные горизонты												
		НУ	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки n=169	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
Фоновые участки n=193	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
F-расч/F-крит		52>1,3	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
t-расч/t-крит		7,9>1,97	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
Кларк литосферы (Виноградов 1962)		650	1000	85	47	58	18	16	0,13	83	0,08	1,7	90	



Рис. 9. Распределение НУ в ландшафтно-геохимической катене, Юрхаровский ЛПУ



Рис. 10. Процентное распределение основных веществ ПАУ в почвах

В аккумулятивных горизонтах почв нарушенных территорий достоверно увеличиваются концентрации Ba, Cu и Pb, а также значения коэффициента вариации содержания большинства ТМ за исключением Zn, Ni и Co (см. табл. 7). Отмечаются достоверные различия кларков концентраций (КК) почв фоновых и нару-

шенных участков для всех ТМ за исключением Hg и Cd, что может быть связано с антропогенным изменением ландшафтно-геохимических условий. В легких по механическому составу почвах нарушенных территорий латеральная миграция микроэлементов выражена слабо, что обусловлено быстрым вымыванием загрязняющих веществ вглубь почвенного профиля и локализацией загрязнения (провальная фильтрация).

Природные процессы оказывают основное влияние на содержания ТМ и As в почвах (рис 11). Ведущим фактором является поступление их из почвообразующих пород (породный фактор) (рис. 12). Вторым - формирование химического состава в зависимости от механического состава почв. Третьим определяющим выступает аazonальный фактор, обуславливающий микроэлементный состав, вследствие аккумуляции или миграции ТМ в зависимости от количества органического вещества.



Рис. 11. Соотношение факторов, определяющих состав почв

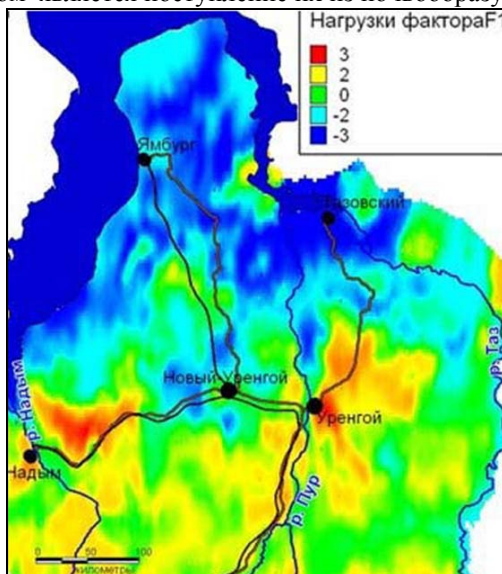


Рис. 12. Пространственное распределение нагрузок породного фактора F1 (метод интерполяции IDW)

В целом, микроэлементный состав почв Надым-Пур-Тазовского междуречья характеризуется низкими концентрациями ТМ.

Значительное влияние на **микроэлементный состав растений** оказывают природные факторы: почвенный покров, состав и структура растительных сообществ, степень увлажнения местообитаний. 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 (табл. 8). Лишайник отличается крайне низким содержанием всех изученных микроэлементов. В целом для растений типичны низкие значения коэффициента биологического поглощения (Кб) ТМ, за исключением Mn, Zn и Cu (Кб>=1); кустарнички также интенсивно накапливают Ba. Индикаторные виды растений по степени интенсивности накопления располагаются следующим образом: *лишайник*>*багульник*>*брусника*>*голубика*. В сообществах, формирующихся на тяжелых глеевых почвах с хорошо развитым торфяным горизонтом увеличивается степень аккумуляции ТМ растениями, а максимальная - характерна для Mn, Zn, Cu и Ba в растениях на торфяно-глеевых и торфяно-болотных почвах.

Таблица 8. Статистические показатели содержания микроэлементов и значений Кб в растениях нарушенных и фоновых участков исследованной территории

		лишайник <i>Cladonia alpestris</i> , концентрация, мг/кг сухого вещества											
		Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Hg	As	V
Нарушенные участки n=228	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
Фоновые участки n=67	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		
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			нр
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			
		лишайник <i>Cladonia alpestris</i> , Кб											
Нарушенные участки n=226	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
Фоновые участки n=51	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		
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			нр
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			
		багульник <i>Ledum decumbens</i> , концентрация, мг/кг сухого вещества											
Нарушенные участки n=287	средн	96	1173	28	7	2,5	0,21	1,4	0,08	1,3	0,017	<0,1	<0,3
	мин	9	208	12	2	0,3	0,10	0,1	0,01	0,14	0,0003	<0,1	<0,3
	макс	201	3292	64	26	11,0	0,9	5,3	0,44	7	0,100	<0,1	<0,3
	коэф. вар. %	45	46	37	82	67	62	86	117	115	107		нр
Фоновые участки n=193	средн	87	1112	33	6	1,6	0,13	0,7	0,08	0,5	0,021	<0,1	<0,3
	мин	11	571	20	0,2	0,3	0,05	0,3	0,02	0,11	0,01	<0,1	<0,3
	макс	110	2009	43	16	4,0	0,5	1,7	0,50	1	0,03	<0,1	<0,3
	коэф. вар. %	26	29	14	29	54	40	37	67	48	29		
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			нр
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			
		багульник <i>Ledum decumbens</i> , Кб											
Нарушенные участки n=286	средн	3	27	1	1,5	0,5	0,1	0,6	0,5	0,2	0,5	<0,1	<0,3
	мин	0,1	1,3	0,2	0,2	0,101	0,011	0,010	0,011	0,015	0,013	<0,1	<0,3
	макс	26	200	7	16	2	1	9	9	1	5	<0,1	<0,3
	коэф. вар. %	127	127	69	136	73	103	228	252	105	118		нр
Фоновые участки n=193	средн	2	6	1	2	0,2	0,05	0,2	0,6	0,05	0,4	<0,1	<0,3
	мин	1,5	0,7	0,6	0,6	0,02	0,01	0,038	0,036	0,003	0,085	<0,1	<0,3
	макс	12	20	3	16	1	1	1	7	0	1	<0,1	<0,3
	коэф. вар. %	50	68	39	97	60	90	113	168	116	71		
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			нр
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			

нр – расчет не производился, содержание микроэлементов ниже предела чувствительности

Антропогенное воздействие характеризуется ростом содержания Ba, Cu, Ni, Co и Pb во всех индикаторных видах растений (табл. 8), при этом увеличивается вариабельностью как содержания ТМ, так и значений Кб. При антропогенном воздействии существуют значительные различия в накоплении микроэлементов. Аэротехногенное загрязнение приводит к изменению значений Кб Mn, Ba, Cu и Zn. В лишайнике лучше всего накапливаются Ba, Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и Hg, а в кустарничках Ba, Cu, Ni, Co, Pb, Cr. К числу ведущих антропогенных факторов относятся поступлением микроэлементов в растения из загрязненного почвенного покрова рядом с производственными объектами промыслов, а также аэротехногенное загрязнение (рис. 13).

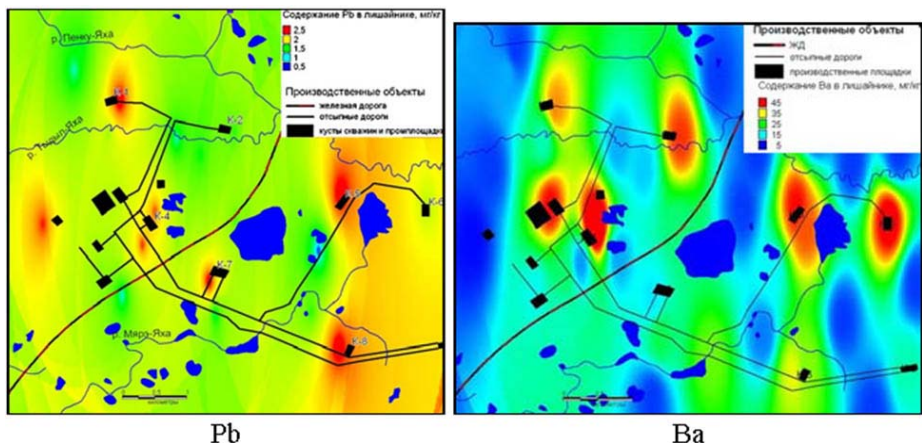


Рис 13. Пространственное распределение Pb и Ba в лишайнике *Cladonia alpestris*, Пырейный ЛУ (метод интерполяции IDW)

Как видно из рис. 13, содержание Pb и Ba увеличиваются рядом с источниками загрязнения атмосферного воздуха и производственными объектами (кустовыми площадками, факельными установками, участками поисково-оценочного бурения).

Основные процессы, связанные с **изменением ПТК**, обусловлены как прямым, так и косвенным антропогенным влиянием при освоении НГКМ. Непосредственное воздействие на ПТК, главным образом, оказывают механические нарушения, а опосредованное - эмиссионные. Уровень трансформации варьируется от незначительных изменений в структуре ПТК до полной их деградации и смены.



Рис. 14. Деградация растительного и почвенного покровов вследствие поступления пластовых вод, куст скважин К-5, Пырейный ЛУ (фото автора)

Эмиссионное воздействие может приводить к существенной трансформации ПТК. При незначительном поступлении поллютантов снижается проективное покрытие лишайников и их видовое разнообразие. Длительное воздействие сопровождается гибелью кустарничков и древесной растительности с возможной полной деградацией фитоценозов и почв (рис. 14).

Наиболее интенсивно изменения проявляются в хорошо дренированных ПТК с лиственничными рединами, мохово-лишайниковыми тундрами. В ПТК средне- и крупнобугристых торфяников, осоковых болот и речных пойм они выражены в меньшей степени.

На площадках проведения буровых работ на дренированных участках отмечается образование однотипных относительно-устойчивых производных пушицево-осоково-злаковых и разнотравно-злаковых сообществ. В случае избыточного увлажнения отмечается вторичное заболачивание с образованием пушицевых и осоково-вейниковых сообществ.

При слабом нарушении поверхностного стока строительство линейных объектов приводит к формированию вторичных пушицевых сообществ. При полном блокировании стока происходит трансформация ПТК с образованием антропогенных аквальных комплексов (рис. 15).

В результате механического воздействия на слабонаклонных поверхностях водоразделов и пологих склонах кустарничковые сообщества замещаются злаково-разнотравными группировками, которые затем сменяются на длительно производные злаковые сообщества. В травяно-моховых болотах ивняково-ерниковые осоково-пушицево-моховые группировки сменяются на пушицевые и осоково-пушицевые, которые в дальнейшем переходят в осоково-пушицево-гипновые и травяно-сфагново-гипновые фитоценозы. В результате наблюдается устойчивое заболачивание территории (рис. 16).



Рис. 15. Нарушение стока в результате строительства дороги, Береговой ЛУ (фото автора)



Рис. 16. Заболачивание на участках разъездов, Надымский ЛУ (фото автора)

Механическое воздействие в сообществах плоскобугристых болот выражается в разрушении торфяного теплоизолирующего слоя, что вызывает растепление грунтов, приводящее к переобводнению территории. Отмечается усиление заболачивания и развитие криогенных процессов.

Обустройство карьеров сопровождается полной деградацией растительного и почвенного покровов. При отсутствии рекультивации восстановление растительного покрова идет крайне медленно. На отдельных слабонаклонных участках развивается эрозия почв. После правильно проведенных мероприятий по рекультивации через 2-3 года образуются вторичные злаковые или кустарничково-злаковые сообщества.

Последствия пожаров в хорошо дренированных ПТК выражаются в резкой активизации эрозионных процессов. Водная эрозия способствует разрушению

почвенного профиля и образованию оврагов, а дефляция приводит к формированию специфических форм - «антропогенных раздувов», на которых растительный и почвенный покровы не возобновляются.

Процессы восстановления растительного покрова на исследованной территории варьируют в зависимости от ПТК. На дренированных торфяниках на первой стадии в фитоценозах доминирует морошка *Rubus chamaemorus* и вейники *Calamagrostis holmii*, *C. langsdorffii*, далее преобладают ерник *Betula nana*, кустарнички *Andromeda polypholia*, *Chamaedaphne calyculata* и мхи *Polytrichum strictum*, *P. commune*. На слабодренированных торфяниках сукцессионный ряд характеризуется формированием осоково-пушицевых сообществ (*Eriophorum russeolum*, *E. scheuchzeri*, *Carex aquatilis*) с последующей сменой их на осоково-моховые (гипновые и сфагновые мхи). В тундровых ПТК образуются фрагментарные группировки рудеральных разнотравных сообществ (*Chamaerion angustifolium*, *Tripleurospermum inodorum*, *Equisetum arvense*), которые затем замещаются злаковыми (*Calamagrostis holmii*, *C. lapponica*, *Deschampsia borealis*, *Festuca rubra*), в дальнейшем формируются кустарниково-злаковые сообщества (*Calamagrostis holmii*, *Salix sp.*, *Betula nana*) с последующим появлением бореальных кустарничков и мхов *Polytrichum strictum*. Сукцессионные ряды в лесных сообществах характеризуются образованием фрагментарных рудеральных 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 бокальчатыми лишайниками *Cladonia deformis*, *C. pyxidata*, *C. coccifera*, *C. decorticate* и др., и формируются березняки ерничково-кустарничково-лишайниковые.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сказать, что химический состав компонентов ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья формируется под влиянием природных процессов, обусловленных высокой контрастностью ландшафтно-геохимических условий, что подтверждает **первое защищаемое положение**. Анализ химического состава почв, поверхностных вод, донных отложений и индикаторных видов растений свидетельствует о низком уровне техногенного загрязнения, а единичные случаи проявления повышенных концентраций поллютантов и трансформации ПТК свидетельствуют о локальном характере воздействия техногенеза, что позволяет считать доказанным **второе защищаемое положение**. 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 основные **индикаторы антропогенной нагрузки** (рис. 17), представленные в **третьем и четвертом защищаемых положениях**.

Индикаторы антропогенной нагрузки на ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири				
<p>Поверхностные воды:</p> <p>Увеличение содержания В реках: минерального фосфора > 2РГ Ф, сульфатов, хлоридов, натрия >1,5 РГ Ф, НУ > 2РГ Ф или 0,5ПДКр.х.н, Си > 3РГ Ф или 20ПДКр.х.н., Ва > 2РГ Ф В озерах: сульфатов, хлоридов, натрия >2РГ Ф, минерального фосфора и аммонийного азота >2 РГ Ф, при содержании нитратов и нитритов <0,5РГ Ф, НУ >2РГ Ф или 0,5ПДК р.х.н, Си >2РГ Ф или 3ПДКр.х.н. Изменение вод с гидрокарбонатно-кальциевого типа на натриево-хлоридный</p>	<p>Донные осадки:</p> <p>Увеличение содержания НУ и V > 2РГ Ф, Си > 3-4РГ Ф, Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина (50% и более)</p>	<p>Почвы:</p> <p>Увеличение содержания в аккумулятивных (органогенных) горизонтах: НУ > 3РГ Ф, Си, Ва, Рb > 2РГ Ф В иллювиальных (минеральных) горизонтах: max: НУ > 1,5 РГ Ф, Си > 2-3РГ Ф, Ва, Рb > 2РГ Ф Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина (50% и более)</p>	<p>Растения:</p> <p>Увеличение содержания в базулике <i>Ledum desimbens</i> и бруслике <i>Vaccinium vitis-idaea</i>: Ва, Си, Zn и Ni > 1,3РГ Ф, Со, Рb, Cr > 2 РГ Ф, В лишайнике <i>Cladonia alpestris</i>: Ва, Mn, Си, Hg > 1,3РГ Ф, Ni, Со, Рb > 2РГ Ф 3-х кратное увеличение фоновыми значениями КБ во всех индикаторных видах растений Снижение процентного покрытия в сообществе по схеме лишайники → кустарнички → злаки → осоки</p>	<p>Ландшафтные/общие показатели</p> <p>Увеличение в индикаторных видах растений вариабельности содержания микроэлементов и значений КБ по сравнению с фоновыми ПТК в 2 и более раз. Проявление термокарста, активация эрозионных процессов. Образование фрагментарного растительного покрова. Опустыливание ландшафта с развитием разнотравно-злаковых сообществ (<i>Chamaetion angustifolium</i>, <i>Tripleurospermum inodorum</i>, <i>Equisetum arvense</i>, <i>Catalagrostis holmii</i>, <i>C. lapronica</i>, <i>Deschampsia borealis</i>, <i>Festuca rubra</i>, <i>Arctagrostis latifolia</i>). Вторичное заболачивание с образованием осоково-пушицевых сообществ (<i>Eriophorum russeolum</i>, <i>E. schenckeri</i>, <i>Carex aquatilis</i>). Увеличение процентного покрытия <i>Polytrichum strictum</i> с одновременным снижением доли <i>Polytrichum commune</i>. Полная деградация биогенезов.</p>

Рис. 17. Комплекс показателей изменения состояния ПТК при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири

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 Си, в поверхностных водах, аммонийного азота в озерных водах, НУ, Си и V в донных осадках, Си, Pb, Ва и НУ в почвах, а так же Ва, Mn, Си, Ni, Со, Pb, Cd, и Hg в лишайнике, Ва, Си, Ni, Со, 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.

Заключение

Проведенные исследования позволили выделить основные виды антропогенных воздействий при нефтегазодобычи на ПТК 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.

Природные процессы оказывают основное влияние на формирование химического состава всех компонентов ПТК Надым-Пур-Тазовского междуречья:

1. Анионно-катионный состав поверхностных вод определяют: в реках - природные зональные факторы, связанные с поступлением органического вещества с водосборных территорий, термическим и гидрологическим режимами водотоков; в озерах - природные зональные и аazonальные процессы, связанные с поступлением органического вещества с водосборных территорий, трофностью водоема, гидрологическими характеристиками озер, характером донных отложений водоемов. Ландшафтно-геохимические условия исследованной территории обуславливают высокий уровень содержания ТМ в поверхностных водах.

2. Донные отложения водных объектов характеризуются низким содержанием микроэлементов, что связано с литогеохимическими особенностями. 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. Значительное влияние на микроэлементный состав осадков оказывает присутствие и степень разложения органического вещества в донных отложениях.

3. Микроэлементный состав почв характеризуется низкими концентрациями. Основными факторами, определяющими его, являются поступление ТМ из почвообразующих пород и механический состав почв. Значительное влияние оказывает наличие органического вещества в поверхностных горизонтах почв.

4. Основное влияние на химический состав растений оказывают почвенный покров, состав и структура растительных сообществ, характер и увлажнение местообитания, фенологическая фаза. Вне антропогенной нагрузки растения характеризуются незначительной вариабельностью содержания микроэлементов и отличаются низкими значениями Кб ТМ и наиболее активно аккумулируют Mn, Zn и Cu, кустарнички также интенсивно накапливают Ва.

Антропогенное воздействие при освоении месторождений исследованной территории крайне разнообразно и выражается в изменении свойств всех компонентов ПТК:

5. В целом на региональном и территориальном уровнях степень техногенной трансформации ПТК незначительна. Изменения проявляется только на локальном уровне. Нарушенные ПТК и участки и с повышенным содержанием ТМ, НУ и ПАУ в компонентах ландшафтов приурочены к объектам нефтегазовых промыслов.

6. 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; НУ, Cu и V в илистых донных осадках. Экскавационные работы приводят к увеличению содержания минерального фосфора в водах рек. Загрязнение коммунальными стоками, поступающими от объектов инфраструктуры промыслов, характеризуется увеличением в водах озер концентрации минерального фосфора и повышенным содержанием аммонийного азота при отсутствии нитратных и нитритных форм азота.

7. Техногенное воздействие в основном, характеризуется поверхностным загрязнением почв и сопровождается достоверным увеличением концентрации в органогенных горизонтах Cu, Pb, Ва и НУ. Повышенное содержание НУ только в иллювиальных горизонтах связано со стародавним загрязнением при проведении геологоразведочных работ.

8. Преобладание в структуре веществ группы ПАУ нафталина в образцах почв и донных осадков связано с загрязнением пластовыми водами.

9. Антропогенное воздействие выражается в увеличении концентрации Ва, Cu, Ni, Со и Pb во всех индикаторных видах растений. Аэротехногенное загрязнение приводит к изменению значений Кб и в первую очередь для Mn, Ва, Cu и Zn. Растения нарушенных территорий характеризуются высокой вариабельностью как содержания микроэлементов, так и значений Кб.

10. Механические нарушения способствуют разрушению коренных сообществ и процессам заболачивания слабодренированных ПТК и опустынивания в автономных.

11. Существенным аспектом при оценке антропогенного воздействия при нефтегазодобыче в ЯНАО можно считать низкое содержание химических элементов в компонентах ландшафта. Зачастую, даже на сильно нарушенных территориях концентрации не превышают нормируемые показатели и близки к фоновым значениям. Использование абсолютных величин концентрации поллютантов часто не позволяет достоверно выявить наличие и степень антропогенной нагрузки на ПТК, не дает возможность адекватно оценить уровни загрязнения на различных участках и определить их временную динамику.

Таким образом, результаты диссертационного исследования могут быть применены для разработки и оптимизации программ экологического мониторинга ЛУ НГКМ 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-Газовского междуречья. Применение предложенных в работе индикаторов антропогенной нагрузки позволяет выявить, оценить уровень и временную динамику существующего и возможного техногенного воздействия на ПТК НГКМ севера Западной Сибири.

Список опубликованных работ по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в Ямало-Ненецком автономном округе/ А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, **С.Ю. Кукушкин**, А.Г. Ганул// Вест. СПбГУ, Сер. 7.- 2012.- № 4. - С. 87-101.

2. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа/ М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, **С.Ю. Кукушкин**, И.Ю. Арестова// Вест. СПбГУ. Сер. 7. - 2007. - № 1. - С.124-127.

Основные публикации:

3. Опекунова М.Г.. Оценка ландшафтно-экологического состояния территории Берегового нефтегазоконденсатного месторождения, ЯНАО/ М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, **С.Ю. Кукушкин**, Широков М.Ю.// Ландшафтно-экологическое состояние регионов России: материалы всероссийской научно-практической конференции. В.Б. Михно (отв. ред.). Воронеж, 2015. С. 158-162.

4. Опекунов А.Ю. Оценка загрязнения почв отходами буровых работ на территории ЯНАО/ А.Ю. Опекунов, Опекунова М.Г. **С.Ю. Кукушкин**, М.Ю. Широков// Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сборник публикаций IV международной научно экологической конференции. Краснодар, Кубанский госагроуниверситет, 2015. – С.443-448.

5. Опекунова М.Г.. О влиянии природных и антропогенных факторов на химический состав почв и растений севера Западной Сибири/ М.Г. Опекунова, **С.Ю. Кукушкин**, М.Ю. Широков//География: развитие науки и образования. Колл. 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. С. 334-338.

6. Широков М.Ю. Использование методов биоиндикации при оценке воздействия нефтегазодобычи на территорию Берегового НГКМ/ М.Ю. Широков, М.Г. Опекунова, **С.Ю. Кукушкин**// Труды IV-ой межд. науч.-практ. конф. молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», 16-18 апреля 2015года:сборник статей. М. Буки-Веди. С. 154-157.

7. **Кукушкин С.Ю.** Геоэкологическая оценка нарушенности территории Берегово-

го нефтегазоконденсатного месторождения/С.Ю. Кукушкин, М.Ю. Широков// тезисы докладов III Всероссийская молодежная научная конференция «Естественно-научные основы теории и методов защиты окружающей среды» (23–24 апреля 2014 г., г. Санкт-Петербург):/Под ред. К.Б. Грекова и А.Л. Рижинашвили. - СПб: СПбГУКиТ, 2014. – С.64-65.

8. Опекунов А.Ю. Оценивание результатов геоэкологических исследований на основе обобщенной функции желательности Харрингтона./А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, **С.Ю. Кукушкин**// В сборнике: Сергеевские чтения. Юбилейная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика Е.М. Сергеева. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. ИГЭ РАН. 2014. С. 599-604.

9. Опекунова М. Г. Антропогенная динамика тундровых экосистем Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи/ М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, **С.Ю. Кукушкин**// В книге Человек и север, антропология, археология, экология: Материалы всероссийской конференции. Тюмень: изд-во ИПОС СО РАН, 2012. С. 403-406.

10. Опекунов А.Ю. Оценка экологического состояния природной среды районов нефтегазодобычи ЯНАО/ А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, **С.Ю. Кукушкин**, А.Г. Ганул// Научные аспекты экологических проблем России: глава в колл. монографии / Под общей ред. Ю.А. Израэля и Н.Г. Рыбальского. – М.: НИА-Природа, 2012. С.306-312.

11. Опекунова М. Г. Трансформация почв севера Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи/ М.Г. Опекунова, **С.Ю. Кукушкин**, // Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Кн. 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2012. С. 121-123.

12. Опекунова М. Г. Анализ изменения ландшафтов севера Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи/ М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, **С.Ю. Кукушкин**,// Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всеросс. научн. конф. Москва, 4-6 апреля 2012 г.М.: Географический ф-т МГУ, 2012. С. 242-244.

13. Опекунова М. Г. Оценка воздействия нефтегазового комплекса на торфяники Севера Западной Сибири/ М.Г. Опекунова., **С.Ю. Кукушкин**, Т.А. Доценко//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.

14. **Kukushkin S.** Modern approaches to the assessment of the anthropogenic load on the environment/ **Kukushkin S.**// Textbook, St. Petersburg, 2011. 62p.

15. Опекунова, М. Г. Принципы проведения инженерно-экологических изысканий в труднодоступных районах нефтегазодобычи Западной Сибири / М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, **С. Ю. Кукушкин** // Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии: тр. Междунар. науч. конф. (Москва, 25-26 мая 2010 г.). - М., 2010. - С. 93-94.

16. **Кукушкин С.Ю.** Загрязняющие вещества в поверхностных водах нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО/ С.Ю. Кукушкин, А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, И.Ю. Арестова// Школа экологической геологии и рационального природопользования: ма-лы X межвузов-ой молод. науч. конф., СПб, 2009 С. 192-194.

17. **Кукушкин С.Ю.** Индикаторы антропогенной нагрузки на компоненты геосистем при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири./ С.Ю. Кукушкин, А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, И.Ю. Арестова// Школа экологической геологии и рационального природопользования: мат-лы X межвузовской молод. науч. конференции, СПб, 2008.
18. Arestova I.Yu. Environmental assessment of soil condition in the oil and gas exploration areas in the North of Western Siberia/ I.Yu. Arestova, M.G. Opekunova, **S.Yu. Kukushkin** // Abstracts of Arctic Frontiers "Challenges for oil and gas development in the Arctic", Tromsø, Norway, 20-25 Jan. 2008. p.52.
19. Опекунова М.Г. Фоновая оценка содержания тяжелых металлов в компонентах тундровых и лесотундровых ландшафтов и индикаторы антропогенной нагрузки как неотъемлемая часть структуры экологического мониторинга территорий нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири/ М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов,, **С.Ю. Кукушкин**, И.Ю. Арестова//Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: материалы V междунар. науч.-практ. конф., Семей, Казахстан, 15-18 октября 2008 г. Т.3 / Семипал. гос. пед. ин-т, 2008 С.217-219.
20. **Кукушкин С.Ю.** Комплекс признаков для фоновой оценки содержания НУ и ТМ в компонентах ПТК тундровых и лесотундровых зон нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО/ С.Ю. Кукушкин, И.Ю. Арестова, М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов//В сборнике: Инновационный потенциал естественных наук: труды между научной конференции. 2006. С. 162-165.
21. Арестова И.Ю. Эколого-геохимическая оценка состояния природной среды в районах нефтегазодобычи/ И.Ю. Арестова, М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, **С.Ю. Кукушкин**// Доклады Межд. Научной конф. Москва 15-18 ноября 2006 г. Смоленск: Ойкумена, 2006. С. 41–42.
22. Опекунова М.Г. Геоэкологические аспекты освоения нефтегазовых ресурсов Севера Западной Сибири/ М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, **С.Ю. Кукушкин**, И.Ю. Арестова// Международная научно-техническая конференция «Нефть и газ Арктики», Российский государственный университет нефти и газа им. И.М.Губкина, 27-29 июня 2006.
23. Опекунова М.Г. Оценка содержания нефтяных углеводородов в почвах газоконденсатных месторождений/ Опекунова М.Г., **С.Ю. Кукушкин**, Арестова И.Ю.// Сборник тезисов конференции: «Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов, Пермь, 2005, С. 195-196.
24. Опекунова М.Г. М.Г. Фоновая оценка участков нефтегазодобычи Уренгойской тундры/ Опекунова, А.Ю. Опекунов, И.Ю. Арестова, **С.Ю. Кукушкин**// Труды XII съезда РГО. Т. 4. СПб, 2005. С.- 147-155.