

На правах рукописи



Демешкин Андрей Сергеевич

**Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе
расположения российского угледобывающего рудника Баренцбург на
архипелаге Шпицберген**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ

**Диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Санкт-Петербург

2015

Работа выполнена на кафедре экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ)

Научный руководитель: **Фрумин Григорий Тевелевич**
доктор химических наук, профессор, кафедра экологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Официальные оппоненты: **Сухоруков Вячеслав Дмитриевич**
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой методики обучения географии и краеведению, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»

Педченко Андрей Петрович
кандидат географических наук, заместитель директора по научной работе, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства»

Ведущая организация: Государственное образовательное автономное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Защита диссертации состоится «__» _____ 2015 г. в __ часов __ мин. на заседании Диссертационного совета Д 212.197.03 в ФГБОУ ВПО Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д.3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета или по адресу www.rshu.ru/university/dissertations/

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2015 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.г.н., доцент



Е.С. Попова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Несмотря на свою удаленность от промышленных районов Европы и Америки архипелаг Шпицберген подвержен антропогенному влиянию. Одной из основных нагрузок, оказывающих влияния на природу архипелага, является добыча угля и связанная с ней инфраструктура жилых поселков. В последнее время увеличивается нагрузка на экосистему и за счет туристической индустрии, возрастает количество посещений туристами, соответственно возрастает количество авто и мототранспорта, увеличивается число заходов судов в заливы арх. Шпицберген, строится новая инфраструктура. Все это непосредственно сказывается на уникальной природе архипелага Шпицберген и прилегающей к нему акватории.

Серьезность проблемы была подтверждена на состоявшейся в 1991 году конференции министров приарктических стран (Рованиеми, Финляндия), которая утвердила Стратегию защиты окружающей среды Арктики (АЕPS), состоящую из 5 отдельных программ, включая Программу мониторинга и оценки окружающей среды Арктики – АМАП (Arctic Monitoring and Assessment Programme).

Район архипелага Шпицберген входит в зону деятельности АМАП. Поэтому в составе работ по экологическому мониторингу должны предусматриваться наблюдения за уровнями содержания стойких органических загрязнителей (СОЗ), рекомендованные АМАП для ключевых районов. Следует отметить, что перечень СОЗ, рекомендованных АМАП, включает все соединения, входящие в приоритетный список Стокгольмской Конвенции по СОЗ, согласно которой Российская Федерация имеет обязательства в части принятия мер по ликвидации производства и сокращения использования ДДТ, гексахлорбензола и полихлорированных бифенилов, а также организации мониторинга содержания в объектах природной среды как этих соединений, так и соединений группы полихлорциклодиенов.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью совершенствования комплексного экологического мониторинга для выполнения Российской Федерацией международных обязательств по мониторингу стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов в Арктике.

Степень разработанности проблемы.

В районе расположения российского угледобывающего рудника Баренцбург до 2002 года не проводились комплексные исследования по экологическому мониторингу природной среды. В связи с ратификацией Российской Федерацией решений Стокгольмской конференции и принятием Норвегией ряда природоохранных законов, ограничивающих хозяйственную деятельность на архипелаге, возникает необходимость произвести оценку экологического состояния природной среды в районе российского присутствия на Шпицбергене, включая тенденцию ее межгодовой изменчивости.

Цель диссертационного исследования заключалась в оценке состояния природной среды в районе деятельности российских предприятий на арх. Шпицберген по результатам мониторинга с 2002 по 2013 годы.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Собрать, обобщить и проанализировать имеющиеся многолетние данные, полученные по результатам полевых и химико-аналитических исследований проб, отобранных на архипелаге Шпицберген.

2. Провести полевые исследования с отбором проб для получения дополнительных данных.

3. Определить уровни основных загрязняющих веществ за 12-летний период наблюдений.

4. Выявить наиболее характерные группы вредных веществ, присущие району расположения угледобывающего рудника Баренцбург.

5. Предложить методы и критерии оценки содержания загрязняющих веществ в объектах природной среды.

6. Разработать методику обоснования территорий фонового и локального мониторинга в труднодоступной местности на архипелаге Шпицберген.

7. Выполнить комплексную оценку состояния природной среды в районе расположения угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген.

Объект исследования - район расположения российского рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген.

Предмет исследования - геоэкологическая оценка загрязненности природной среды хлорорганическими соединениями и тяжелыми металлами по совокупности гидрохимических, метеорологических, химических и биологических показателей.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая базы исследования.

Теоретическую основу исследования составили работы отечественных и зарубежных ученых, посвященные проблемам загрязнения природной среды Арктического региона.

Методологической основой стали нормативно-технические документы регламентирующие проведение работ по мониторингу природной среды

В диссертационном исследовании были использованы материалы, полученные организациями Росгидромета России при проведении полевых и экспедиционных работ на архипелаге Шпицберген, а также данные, полученные лично автором при проведении исследований.

Научные результаты, выносимые на защиту:

1. Результаты многолетнего мониторинга природной среды в районе расположения угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген.

2. Методика обоснования территорий фонового и локального мониторинга в труднодоступной местности на архипелаге Шпицберген.

3. Результаты комплексной оценки состояния природной среды в районе расположения угледобывающего рудника Баренцбург.

Научная новизна работы:

1. Впервые проведены комплексные исследования по содержанию загрязняющих веществ (включая стойкие органические загрязнители и полихлорбифенилы) в объектах природной среды (атмосферный воздух, снег, морская и природная вода, донные отложения, почвенный и растительный покровы) в районе расположения угледобывающего рудника Баренцбург.

2. Обоснованы группы приоритетных загрязняющих веществ, характерные для района угледобывающего рудника Баренцбург, и оценена тенденция их межгодовой изменчивости.

3. Развита методические основы комплексной оценки состояния природной среды по совокупности гидрохимических, метрологических, химических и биологических показателей.

4. Впервые выполнена комплексная геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе расположения рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Результаты диссертационного исследования были внедрены в научно-исследовательскую работу, проводимую СЗФ ФГБУ «НПО «Тайфун», нашли применение при разработке научно – исследовательских программ создаваемого Российского Научного Центра на архипелаге Шпицберген (РНЦШ), а также использованы «Государственным трестом «Арктикуголь» при планировании своих природоохранных мероприятий.

Результаты исследований могут служить основой для разработки рекомендаций при составлении планов и программ мониторинга природной среды в районах хозяйственной деятельности на Шпицбергене, а также для территорий, где ранее велась активная производственная деятельность. К таким районам можно отнести места расположения рудников Пирамида и Грумант, и поселка Колсбей на архипелаге Шпицберген.

Полученные материалы могут быть использованы для сравнительного анализа современного состояния экологической обстановки и возможного изменения окружающей среды при дальнейшей эксплуатации угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген.

Соответствие диссертации паспорту специальности. В диссертационной работе представлены результаты многолетних исследований изменения природной среды архипелага Шпицберген под воздействием антропогенных фактов, что соответствует формуле специальности 25.00.36 – «Геоэкология» (Науки о Земле). Диссертация соответствует следующим пунктам области исследования: П.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. П.1.11. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем; П.1.12. Геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались: на международных научных конференциях - «Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений. Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген» (Мурманск, 12–14 ноября 2009 г.), «Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена» (Мурманск, 27–30 октября 2010 г.), «Глобальные климатические изменения и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов» (г. Мурманск, 9–11 ноября 2011 г.); на конференции молодых ученых, посвященной 55-летию Института прикладной геофизики (Москва, 16-18 февраля 2011 г.), на конференции молодых специалистов Росгидромета «Мониторинг природной среды (методы и средства контроля)» (Москва, 10-12 декабря 2012 г.), на научно-технической конференции «Состояние и основные направления развития системы мониторинга трансграничных водных объектов» (Санкт- Петербург, 9 апреля 2014 года), на совместных Российско–Норвежских совещаниях, посвященных проблемам загрязнения природной среды

архипелага Шпицберген с участием представителей губернатора Свальбарда (Лонгиербьен 2008 г., Санкт- Петербург 2010 г., Баренцбург 2011 г., 2014 г.).

Личный вклад автора заключается в постановке проблемы, участии в полевых и экспедиционных работах, обработке, обобщении и анализе полученных результатов. Автор принял непосредственное участие в 20 экспедициях на архипелаге Шпицберген, участвовал в разработках научно-исследовательских программ Росгидромета по мониторингу природной среды Шпицбергена.

Публикации. Материалы изложены в 23 публикациях, в том числе, 3 в журналах «Общество. Среда. Развитие», «Естественные и технические науки» и «Ученые записки РГГМУ», рекомендованных ВАК и одной монографии.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, изложена на 181 странице, включает 32 таблицы, 24 рисунка. Список использованных источников включает 81 наименование, в том числе 29 на иностранных языках.

Содержание работы.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель, раскрыты научная новизна и практическая значимость работы, приведены результаты апробации диссертационного исследования.

В первой главе приводится краткая физико-географическая характеристика острова Западный Шпицберген и района расположения российского угледобывающего рудника Баренцбург. Представлены сведения о климатических, геоморфологических и гляциологических условиях рассматриваемого района, а также ледово-гидрологические условия заливов Исфьорд и Гренфьорд и пресноводных водоемов суши. Дана краткая информация о почвенном и растительном покрове острова, животном мире и морской биоте. Приведены данные о хозяйственно-экономической деятельности на архипелаге Шпицберген.

Во второй главе описаны объем и состав исходных данных, а также методы и методики исследования.

За период проведения наблюдений за экологическим состоянием компонентов природной среды на арх. Шпицберген с 2002 по 2013 годы накоплен большой объем данных, как полевых наблюдений, так и результатов химико-аналитических исследований. Информационный массив, полученный при проведении экологического мониторинга на арх. Шпицберген, включает:

- гидрохимические наблюдения (4132 записи);
- метеорологические наблюдения (4599 записей);
- результаты химико-аналитических и других лабораторных исследований проб объектов природной среды (атмосферный воздух, снег, морская и природная вода, донные отложения, почвенный и растительный покровы).

Информационный массив химико-аналитических исследований, полученный по результатам исследований на арх. Шпицберген за период с 2002 года по 2013 год, включает 209966 записей значений концентраций загрязняющих веществ и физико-химических свойств объектов природной среды, в том числе:

- 1462 записи значений концентрации суммарных нефтяных углеводородов;
- 22794 записи значений концентрации неполярных алифатических углеводородов;
- 11220 записей значений концентрации легколетучих ароматических углеводородов;

- 41682 записи значений концентрации полициклических ароматических углеводородов;
- 54095 записей значений концентрации хлорорганических пестицидов;
- 36488 записей значений концентрации полихлорированных бифенилов;
- 13769 записей значений концентрации индивидуальных и суммарных фенолов;
- 23018 записей значений концентрации тяжелых металлов и мышьяка;
- 948 записей значений концентрации синтетических поверхностно-активных веществ;
- 4490 записей параметров физико-химических свойств.

Карта-схема района проведения исследований представлена на рис. 1.

Методика обоснования территорий локального и фоновоего мониторинга основывается на учете особенностей данного региона: транспортная доступность в любое время года, климатические и аэрологические условия, наличие площадок с идентичным почвенно-растительным покровом.

Для локального мониторинга загрязнения, было выделено четыре района в зависимости от удаления от поселка и рудника Баренцбург, от высотного положения пробных площадок и наличия локальных источников загрязнения, в пределах каждого из которых проводилось обобщение данных, полученных в результате исследований проб.

В качестве районов фоновоего мониторинга были выделены участки, которые удовлетворяют следующим требованиям: располагаются на незначительном удалении (от 2 до 10 км.) от рудника Баренцбург и, следовательно, доступны в зимний и летний периоды наблюдений; находятся вне направлений преобладающих ветров со стороны районов локального мониторинга и отделены горными возвышенностями с преобладающими высотами до 700 метров, что исключает локальный перенос загрязняющих веществ; имеют схожий почвенно-растительный покров.

Полевые исследования выполнялись: в зимне-весенний (период наибольшего снегонакопления) и летне-осенний периоды (июль-сентябрь). При этом, в зимне-весенний период на точках мониторинга выполнялся отбор проб атмосферного воздуха, снежного покрова, морского льда, морских вод и морских водных взвесей, воды, водных взвесей и донных отложений из источника питьевого водоснабжения оз. Биенда-стеммев. В летне-осенний период отбирались пробы атмосферного воздуха, морских вод, донных отложений, вод и донных отложений водоемов суши, почвенного и растительного покровов.

Для проведения химико-аналитических исследований использовались аттестованные методики, внесенные в федеральный реестр методик, допущенных к применению в органах государственного контроля. Некоторые виды определений ЗВ были разработаны непосредственно в НПО «Тайфун», или были адаптированы специалистами для использования в условиях высокоширотных экспедиций, с разрывом процесса обработки отобранных проб, а также их консервации до проведения обработки в условиях специализированной стационарной лаборатории.

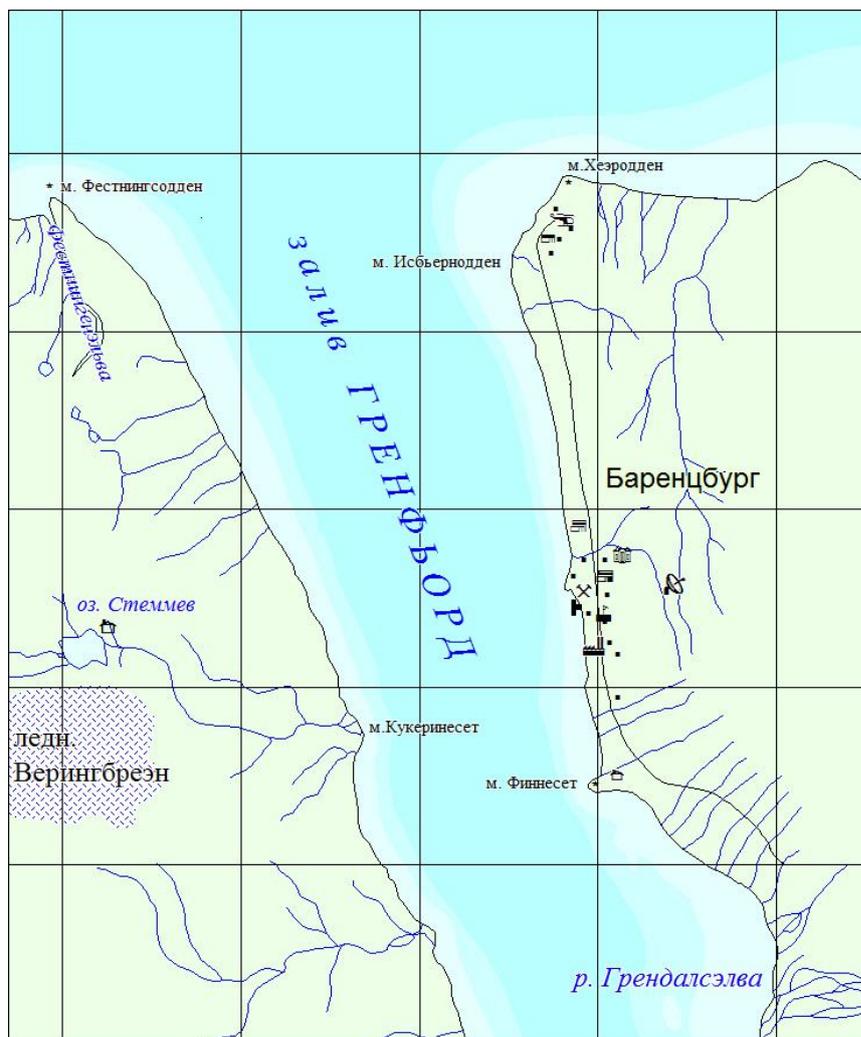


Рисунок 1 - Карта-схема района расположения угледобывающего рудника Баренцбург.

В третьей главе представлены основные материалы, полученные в ходе мониторинга. В этой главе рассматриваются характеристики загрязнения природных сред, даются минимальные, максимальные и средние значения концентраций поллютантов районов локального и фонового мониторинга, анализируется пространственное распределение загрязнений и многолетняя изменчивость, указываются возможные источники загрязнения.

Атмосферный воздух и аэрозоль.

В приземном слое атмосферы определялась концентрация пыли, газовых примесей и легколетучих органических соединений (ЛОС), а также проводился отбор проб атмосферного аэрозоля для определения тяжелых металлов (Fe, Mn, Ni, Co, Zn, Cd, Cu, Pb, Cr, Sn, Hg) и мышьяка, хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорбифенилы (ПХБ) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Исследования атмосферного воздуха выполнялись в период 2002-2013 г.г. Всего было проанализировано 177 проб атмосферного воздуха и аэрозоля на содержание 79-ти показателей.

Снежный покров.

Изучение снежного покрова на территории Баренцбурга и окрестностей производилось в период максимального снегонакопления в зимне-весенние периоды с 2002-2013 годы. В образцах снежного покрова идентифицированы компоненты

минерального состава (хлориды, сульфаты, щелочные и щелочноземельные металлы (Na, K, Ca, Mg)), соединения азота (нитриты, нитраты, аммоний), нефтяные углеводороды, фенолы, ПАУ, ХОС и тяжелые металлы (ТМ).

Пример пространственного распределения содержания ЗВ в снежном покрове Баренцбурга и сопредельных территорий представлен на рис. 2.

Морские воды.

Для анализа содержания загрязняющих веществ в заливе Гренфьорд акватория была разделена на прибрежную (мелководную – до 25 м), и мористую (глубоководную – свыше 25 м) части. Всего за период с 2002 по 2013 год было исследовано 480 проб морских вод, каждая из которых анализировалась на количественное определение тяжелых металлов и мышьяка, ХОС (включая ПХБ), ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов, СПАВ.

Суммарное содержание основных групп хлорорганических соединений в морской воде представлено в табл. 1.

Донные отложения.

Отобранные в период с 2002 по 2013 год на акватории залива Гренфьорд пробы донных отложений исследовались на содержание тяжелых металлов и мышьяка, ХОС, включая ПХБ, ПАУ, НУ, НАУ, индивидуальных фенолов и СПАВ. Пробы отбирались из верхнего (0-5 см) слоя донных отложений, в образцах определялось более ста показателей.

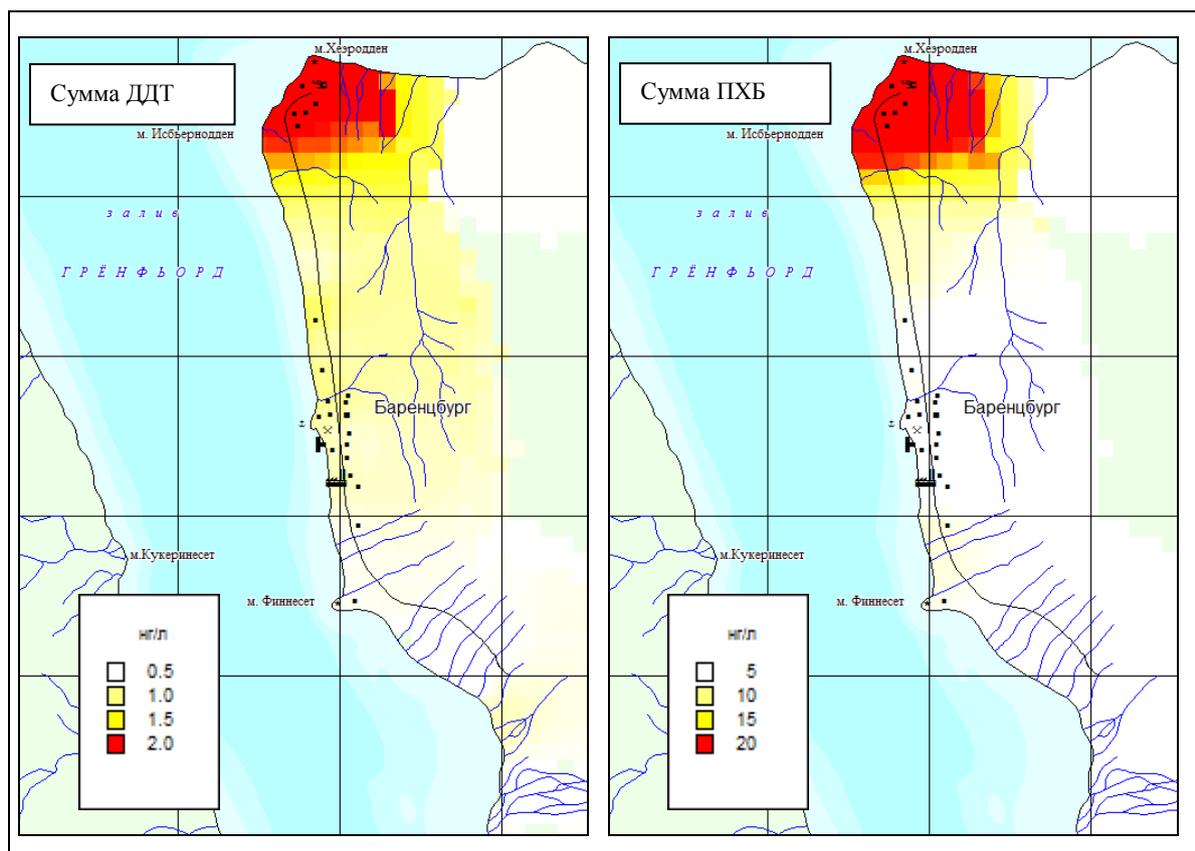


Рисунок 2 - Среднее содержание суммы ДДТ и суммы ПХБ в снежном покрове района расположения рудника Баренцбург за период 2003-2013 годов

Содержание суммарных соединений ХОС в донных отложениях прибрежной и глубоководной частях залива представлено в табл. 2.

Таблица 1 - Интервалы и средние значения суммарных концентраций хлорорганических соединений в пробах морских вод

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин	макс	среднее	мин	макс	среднее
Сумма ХБ, нг/л	<0.05	3.05	0.12	<0.05	1.20	0.04
Сумма ГХЦГ, нг/л	<0.05	18.5	0.78	<0.05	14.5	0.49
Сумма ДДТ, нг/л	<0.05	38.4	1.58	<0.05	9.66	0.53
Сумма ПХБ, нг/л	<0.05	7.87	1.80	<0.05	7.35	1.52

Таблица 2 - Интервалы и средние уровни содержания ХОС в донных отложениях залива Гренфьорд

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин	макс	среднее	мин	макс	среднее
Сумма ХБ, мкг/кг	<0.05	12.2	0.77	<0.05	3.09	0.51
Сумма ГХЦГ, мкг/кг	<0.05	1.34	0.37	<0.05	0.97	0.26
Сумма ДДТ, мкг/кг	<0.05	32.4	3.36	<0.05	28.2	2.78
Сумма ПХБ, мкг/кг	<0.05	169	12.1	<0.05	180	9.45

Поверхностные воды суши.

В пробах поверхностных вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик – водородного показателя (рН), окислительно-восстановительного потенциала (Еh), растворенного кислорода, БПК₅, ХПК, биогенных элементов (кремнекислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего количества), компонентов минерального состава и концентрации взвеси, а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), СПАВ, ХОС, включая ПХБ.

Концентрации соединений группы ХОС в озерной и речной воде представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Интервалы и средние уровни содержания ХОС в поверхностных водах суши в районе расположения пос. Баренцбург за период 2002-2013 гг.

Параметр	оз. Биенда-Стемме			р. Грендалсэльва		
	мин	макс	среднее	мин	макс	среднее
Сумма ХБ, нг/л	<0.05	2.57	0.12	<0.05	1.50	0.06
Сумма ГХЦГ, нг/л	<0.05	23.1	0.70	<0.05	0.85	0.16
Сумма ДДТ, нг/л	<0.05	4.06	0.27	<0.05	0.92	0.22
Сумма ПХБ, нг/л	<0.05	3.26	0.75	<0.05	2.7	0.79

Почвы.

Для исследования почвенного покрова было проанализировано в районе поселка Баренцбург и его окрестностей, 386 образцов почвы. В пробах осуществлялось определение наличия соединений следующих групп: НУ, ПАУ, ТМ и ХОС.

Пример пространственного распределения содержания ЗВ в почвенном покрове характерных районов Баренцбурга представлены на рис. 3.

Растительный покров.

Растительный покров территории поселка и его окрестностей представлен мхами (*Aulacomnium turgidum*, *Sphagnum lindbergii* и др.), лишайниками (*Cetraria ericetorum* и т.д.) и сосудистыми растениями-осоками (*Carex rotundata*, *C. aquatilis*), пушицей (*Eriophorum russeolum*), горцем змеиным (*Polygonum bistorta*), дудником дягилевым (*Archangelica norvegica*), золотарником лапландским (*Solidago lapponica*), карликовой стелющейся ивой (*Salix polaris*). В пробах, отобранных на территории поселка и его окрестностей проводилось определение концентраций ПАУ, ХОС и ТМ (на 65 показателей). Всего с 2002 по 2013 гг. было отобрано 96 образцов сосудистых растений и 96 образцов мхов на 8 исследовательских участках, на которых также исследовались образцы почвенного покрова.

Учитывая, что наиболее представительными видами растительности, встречающимися на всех выбранных площадках, являются мхи и сосудистые растения, в работе приводятся сведения об уровнях содержания ЗВ, определенных для этих групп растений. Средние значения ХОС для каждой группы растительности представлены в табл. 4.

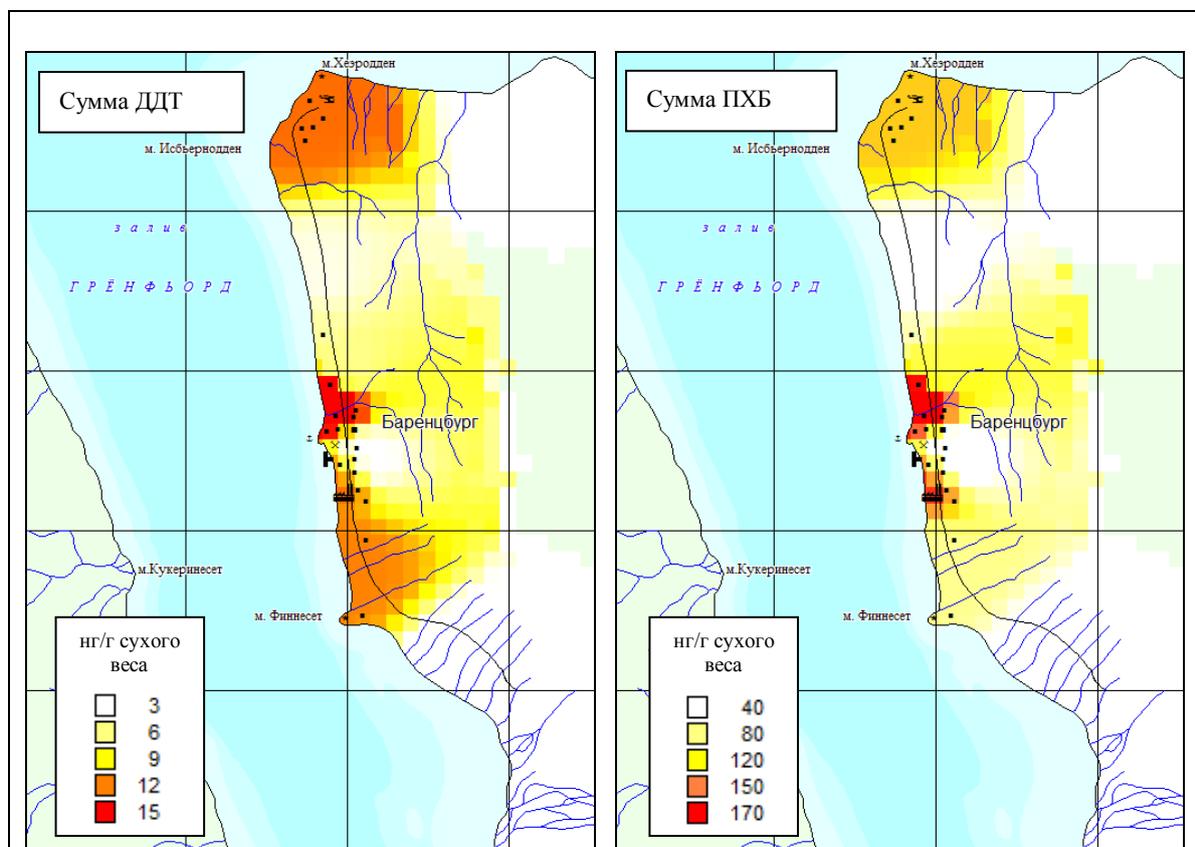


Рисунок 3 - Средние концентрации суммы ДДТ и суммы конгенов ПХБ в почвах района расположения руд. Баренцбург за период 2002-2013 годов

Таблица 4 - Средние значения концентраций ХОС в образцах сосудистых растений и мхов по данным локального и фонового мониторинга

Показатель	Локальный мониторинг		Фоновый мониторинг	
	сосудистые растения	мхи	сосудистые растения	мхи
Сумма ХБ, нг/г	0.75	1.76	0.64	0.98
Сумма ГХЦГ, нг/г	1.32	2.30	0.80	1.11
Сумма ДДТ, нг/г	3.12	7.35	1.94	3.72
Сумма ПХБ, нг/г	43.3	140	22.9	73.4

В главе 4 приводятся оценки современного состояния загрязнения в районе расположения российского угледобывающего рудника Баренцбург.

Оценка загрязнения приземного слоя атмосферы.

Для оценки качества атмосферного воздуха в районе поселка Баренцбург, использовались российские гигиенические нормативы (ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, ГН 2.1.6.2309-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест), а также требования «Директивы Совета Европейского Союза 1999/34/ЕС от 22.04.1999 по стандартам загрязнения атмосферного воздуха».

По результатам проведенных исследований в период с 2002 по 2013 год, концентрации контролируемых в атмосферном воздухе химических соединений в районе расположения поселка Баренцбург не превышали ПДК. Максимальные концентрации парниковых газов в приземном слое атмосферы были зафиксированы вблизи расположения ТЭЦ, и не превышали: по содержанию диоксида серы - 0,24 среднесуточной ПДК; по содержанию диоксида азота - 0,22 среднесуточной ПДК; по содержанию оксида углерода – 0,15 среднесуточной ПДК; по содержанию пыли – 0,28 среднесуточной ПДК.

Уровни содержания сероводорода, аммиака, фенола, формальдегида, бензола, толуола, ксилола и этилбензола были ниже пределов определения, что не позволяло их идентифицировать.

Сравнительная оценка полученных концентраций наиболее опасных загрязняющих веществ (пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ, ПХБ, ПАУ и ТМ) в приземном слое атмосферы, на прилегающей территории поселка Баренцбург, с данными норвежских и канадских исследований в Арктике, свидетельствуют о фоновом характере наблюдаемых уровней содержания данных групп соединений. В то же время, концентрации хлорбензолов, ДДТ, ПХБ, никеля, меди и свинца в самом поселке несколько выше фоновых уровней, установленных зарубежными исследованиями в Арктике, что может говорить о возможном наличии локальных источников загрязнения в районе расположения поселка Баренцбург.

Оценивая в целом характер загрязнения атмосферы в Баренцбурге за период с 2002 по 2013 годы, следует отметить, что содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе полностью соответствует действующим российским и европейским гигиеническим нормативам.

Оценка качества морских вод.

Оценка качества морских вод на акватории залива Гренфьорд в районе пос. Баренцбург выполнялась на основе соответствия значений основных гидрохимических показателей и концентраций определявшихся ЗВ требованиям действующих нормативных документов, установленных Росрыболовством и Роскомэкологии. Основными из них являются:

- Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, утв. Приказом Росрыболовства №20 от 18.01.2010.

- РД 52.44.2-94 «Охрана природы. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой».

- РД 52.23.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

Оценки устойчивости и уровня загрязнения морских вод контролируемой акватории залива выполнялись на основе повторяемости (числе случаев) и кратности превышения ПДК нормируемых показателей загрязнения

Анализ полученных данных показывает, что прибрежные воды залива Гренфьорд, за весь период исследования, характеризуются: единичными загрязнениями низкого (до 2.0 ПДК) уровня по содержанию железа, меди и суммы ГХЦГ, среднего уровня (от 2.0 до 10 ПДК) по содержанию НУ, фенола, суммы ДДТ, цинка и никеля и высокого уровня (от 10 до 50 ПДК) по содержанию марганца; неустойчивым загрязнением низкого уровня по содержанию азота нитритного и фосфора фосфатного. Воды глубоководной части залива характеризуются единичными загрязнениями низкого уровня по содержанию азота нитритного, фосфора фосфатного, НУ, фенола, суммы ГХЦГ, марганца, цинка и никеля.

Помимо коэффициента комплексности загрязнения и оценки устойчивости и уровня загрязнения вод для сравнительной оценки качества вод рассчитывался индекс загрязнения вод (*ИЗВ*).

В целом, воды обследованной акватории залива Гренфьорд, за период наблюдений с 2002 года по 2013 год, относятся к II классу качества как «чистые» (рис. 4).

Относительно пространственного распределения загрязнений, следует отметить, что наиболее подверженные загрязнению участки прибрежной акватории находятся вблизи впадения ручья Гладдален, протекающего через поселок Баренцбург, и портовых сооружений, что говорит о возможном поступлении загрязняющих веществ с тальми и сточными водами с прилегающей территории. Одновременно с этим наблюдалась тенденция улучшения качества вод по мере удаления от берега.

Сравнивая полученные результаты содержания загрязняющих веществ в водах залива Гренфьорд с данными АМАП (Arctic Monitoring and Assessment Programme), можно сделать вывод, что концентрации большинства групп загрязняющих веществ имеют значения, характерные для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия на морскую акваторию береговых источников загрязнения.

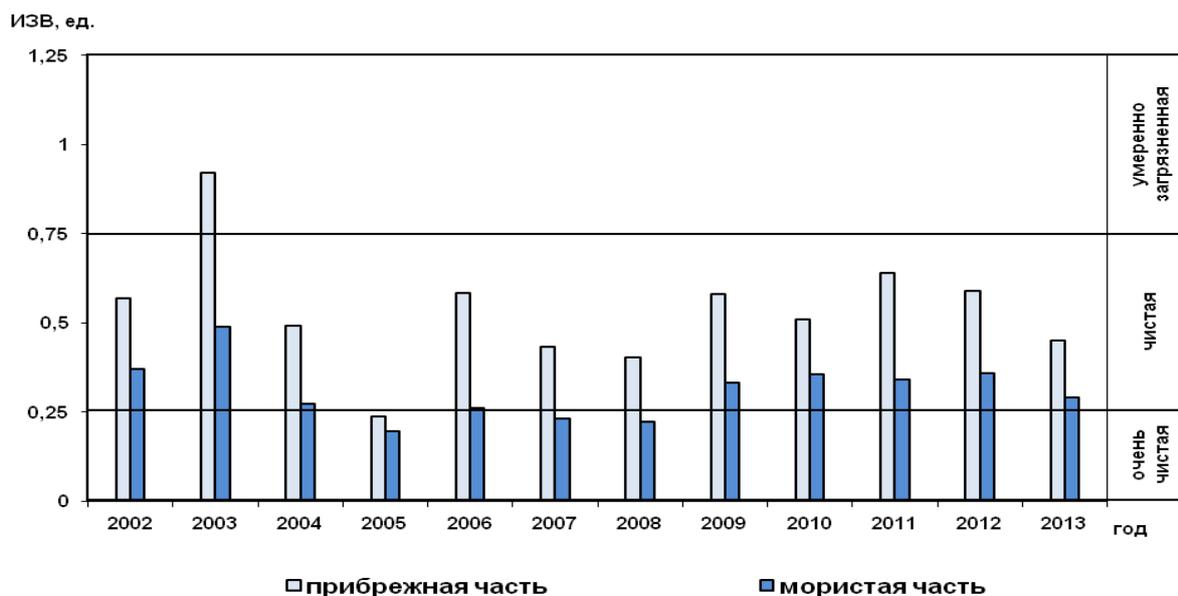


Рисунок 4 - Многолетняя изменчивость индекса загрязненности вод (ИЗВ) залива Гренфьорд

Оценка степени загрязнения донных отложений.

Донные отложения залива Гренфьорд характеризуются повышенным содержанием нефтепродуктов, превышения допустимой концентрации (ДК), согласно «Neue Niederlandische Liste 3/95», для суммы НУ регулярно фиксировалось как в прибрежной, так и в центральной части залива. Всего за период наблюдений зафиксировано 35 случаев превышения ДК для НУ в прибрежной части акватории и 57 случаев в мористой части (74% и 65% соответственно, от общего количества проб). Максимальные значения суммы НУ отмеченные в заливе достигали значения в 4.7 ДК.

В 20 % проб, отобранных в прибрежной части и в 6% из центральной части, наблюдалось превышение ДК по суммарному содержанию ПАУ, наибольшие отмеченные значения составляли 4.7 и 3.4 ДК, соответственно.

Наличие большого процента в донных отложениях ПАУ с 4-мя и более бензольными кольцами свидетельствует о локальной антропогенной нагрузке на прибрежную часть залива, связанной с добычей и переработкой угля.

Из хлорорганических соединений превышения ДК в донных отложениях залива Гренфьорд наблюдались для сумм пестицидов ДДТ и конгенов ПХБ.

Наиболее часто повышенный уровень содержания ДДТ отмечался в прибрежной части акватории (до 13ДК), в около 30% отобранных проб. В мористой части акватории только 10% превысили установленный уровень (до 11 ДК). Следует отметить, что с 2011 года наблюдается рост содержания пестицидов ДДТ в донных отложениях. Изначально фиксировались единичные случаи превышения ДК в прибрежной зоне, но с 2011 число таких случаев растет. В центральной части акватории, расположенной в непосредственной близости от поселка, также, возрастает число проб с превышением ДК.

Аналогичная ситуация и по содержанию ПХБ в донных отложениях залива Гренфьорд. Прибрежные районы акватории, характеризуются повышенным

содержанием ПХБ по сравнению с региональным фоном (до 8 ДК). Частота случаев обнаружения высоких концентраций ПХБ возросла с 2010 года и отмечаются единичные случаи обнаружения превышения ДК в центральной части залива. Все это свидетельствует об увеличивающейся антропогенной нагрузке на акваторию. Данная ситуация не является критической, но заслуживает внимания при разработке планов хозяйственной деятельности на архипелаге. Источниками загрязнения могут быть детали трансформаторов и гидравлических механизмов, а также частицы краски, применявшийся в во второй половине прошлого века в российских и норвежских поселках.

В целом, можно отметить, что морские донные отложения залива Гренфьорд за период с 2002 г. по 2013 г. характеризуются умеренным уровнем загрязнения. Основной вклад в загрязнение донных отложений вносят нефтепродукты, пестицид ДДТ и полихлорбифенилы, превышения ДК остальными загрязняющими веществами носят эпизодический характер. За весь период наблюдений не отмечено ни одного случая превышения уровня вмешательства, что свидетельствует о незначительном влиянии на экосистему залива объектов угледобывающего комплекса и связанной с ним инфраструктуры.

Оценка степени загрязнения речных и озерных донных отложений.

За весь период наблюдений, в речных донных отложениях было зафиксировано всего 15 случаев превышения допустимых концентраций, из них 8 случаев по содержанию НУ (2.7 ДК), 2 раза сумма ПАУ не соответствовала установленным нормам (2.45 ДК), 4 случая по содержанию никеля (1.41 ДК) и один раз концентрация кобальта достигла значения в 1.06 ДК. Содержание остальных загрязняющих веществ в донных отложениях не превышали уровней ДК. Следует отметить, что источником загрязнения донных отложений устья реки Грендалсэльва ПАУ, может являться перенос ветром пыли с отвалов горных выработок, расположенных на террасе правого склона долины Грендален.

В донных отложениях озера Биенда-Стемме, за период наблюдений, было зафиксировано 5 случаев повышенного уровня ХОС для суммы ДДТ до 19 ДК и суммы ПХБ до 9.2 ДК. Три раза за весь период наблюдались превышения ДК по содержанию нефтепродуктов, в 2004, 2008 и 2011 годах (до 1.5 ДК).

В озере Биенда-Стемме, за период с 2002 по 2013 год, отмечено 14 случаев превышений ДК тяжелых металлов, из них: для меди отмечено 7 случаев (1.1 ДК); для никеля - 3 случая (2.1 ДК); однократно для кобальта (1,58 ДК) и хрома (1.1 ДК). Содержание остальных тяжелых металлов в донных отложениях не превышали ДК.

Все отмеченные превышения ДК в донных отложениях водоемов суши были значительно ниже уровня вмешательства за весь период наблюдения. Опубликованные данные зарубежных исследований по содержанию загрязняющих веществ в донных отложениях пресноводных водоемов рассматриваемого района и сопоставимых районах Арктики, в целом, подтверждают приведенную выше оценку.

Оценка качества поверхностных вод суши.

За весь период наблюдений (2002-2013 гг.) максимальное содержание нефтяных углеводородов составило десятые доли установленных ПДК (до 0.7 ПДК и); содержание нормируемых ХОС (сумма ГХЦГ составляла 0.002 ПДК, сумма ДДТ - 0.01 ПДК, сумма ПХБ - 0.021 ПДК). Из анализируемого списка тяжелых металлов обнаруженные концентрации железа (0.2 ПДК), марганца (0.07 ПДК), никеля (0.6 ПДК), свинца (0.2 ПДК), кадмия (0.6 ПДК), кобальта (0.02 ПДК), цинка (0.01 ПДК),

составляли десятые и сотые доли ПДК, меди – (0.002 ПДК), ртути, мышьяка - тысячные доли ПДК.

Качество поверхностных вод озера за период с 2002-2013 год полностью соответствовало установленным российским гигиеническим нормативам и ПДК, а также нормативам качества воды, установленным в странах Европейского Союза.

Таким образом, вода оз. Биенда-Стемме может использоваться для целей питьевого и хозяйственно-бытового водопользования без дополнительной водоподготовки.

Оценка загрязнения почв.

За период исследований 2002-2013 гг. в почвенном покрове изучаемого района было отмечено следующее количество случаев превышения ПДК/ДК: по содержанию мышьяка – 289; по суммарному содержанию нефтяных углеводородов – 190; по суммарному содержанию ПАУ – 40; по суммарному содержанию ПХБ – 46; по содержанию бенз(а)пирена – 32; по содержанию меди – 14; по содержанию никеля – 7; по содержанию свинца – 5; и единичные случаи превышения для марганца, цинка, кобальта, хрома.

Комплексная оценка степени загрязненности почв, согласно МУ 2.1.7.730-99, была проведена по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c). Z_c определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле:

$$Z_c = Kc_1 + \dots + Kc_i + \dots + Kc_n - (n-1), \quad (1)$$

где n – число определяемых компонентов;

Kc_i – коэффициент концентрации i - того компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над лимитирующим фактором.

По результатам проведенных расчетов, максимальная величина суммарного показателя степени химического загрязнения почв для проб, отобранных в центре поселка Баренцбург и районе расположения вертолетной площадки, равнялась 64, что свидетельствует об опасном уровне загрязнения почв на данной территории поселка (>32). Среднее значение Z_c для локального полигона составило 12.7, что говорит об умеренно опасной степени загрязнения. Для проб почв, отобранных на территориях фонового мониторинга, величина Z_c находилась в пределах от 1 до 15.8, при средней величине 3.88, что свидетельствует о допустимой степени загрязнения почв и незначительном влиянии деятельности проводимой на территории поселка Баренцбург (рис.5).

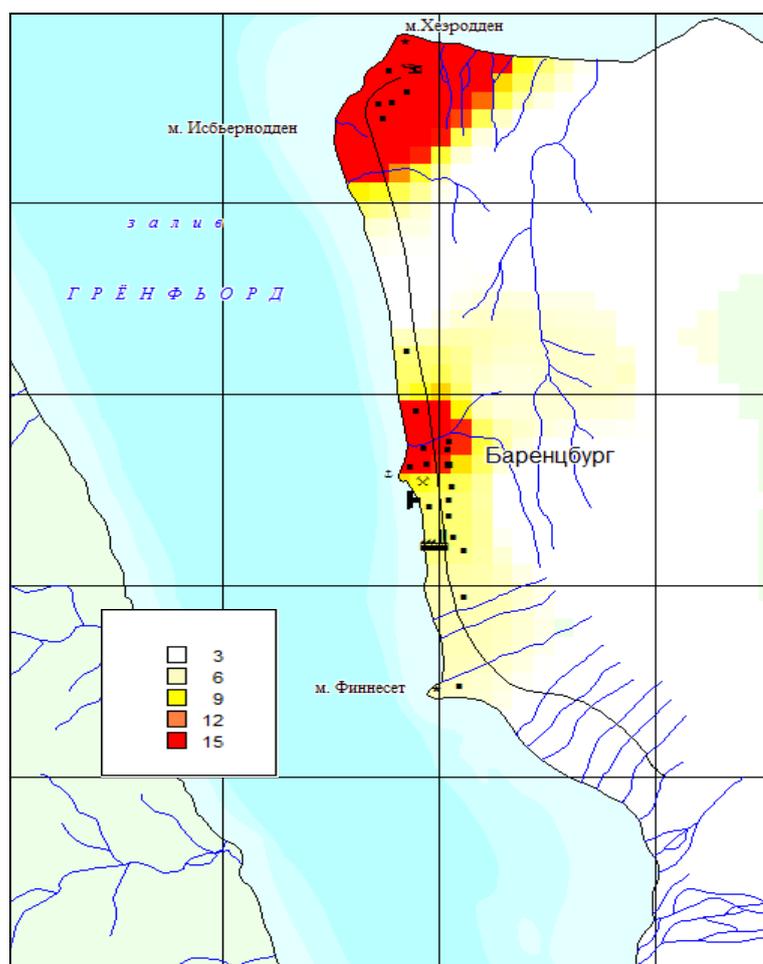


Рис.5. Распределение показателя химического загрязнения (Z_c) в почвах в районе руд. Баренцбург

В целом, загрязнение почвенного покрова изучаемого района крайне неоднородно и очень сильно изменяется от года к году:

- с 2011 года наблюдается уменьшение антропогенной нагрузки на почвы поселка Баренцбург. За период проведения наблюдений объемы добываемого угля на руднике Баренцбург и производство электроэнергии в поселке с 2002 по 2011 гг. заметно снизились, значительно сократилась численность населения поселка. Все эти факты, так или иначе, нашли свое отражение в снижении антропогенной нагрузки на компоненты природной среды изучаемого района, в том числе и на почвенный покров;

- в тоже время, происходит увеличение нагрузки на почвы фоновых территорий. Наблюдаемые изменения можно связать со снижением промышленной нагрузки на экосистему района пос. Баренцбург и увеличением влияния на нее бурно развивающегося туризма.

Оценка загрязнения растительного покрова

За весь период наблюдений 2002-2013 гг., в обеих исследованных группах растительности, наблюдались близкие повышенные уровни содержания свинца, полихлорбифенилов и полихлорбензолов, концентрации которых в образцах растительности превышали фоновые в 75-100% случаев. В отношении других загрязняющих веществ подобного явления отмечено не было. Таким образом, можно

утверждать, что свинец, ПХБ и полихлорбензолы являются основными загрязнителями растительного покрова исследуемой территории.

Сравнительная оценка степени загрязненности растительного покрова проводилась на основе расчета комплексных коэффициентов загрязненности (Kk), учитывающих степень накопления загрязняющих веществ различными видами растений и позволяющих учесть вклад контролируемых при этом групп ЗВ. Большие значения Kk соответствуют большей степени загрязненности растительного покрова. Kk рассчитывался по формуле:

$$Kk = \left(\sum \frac{|x_i - \bar{x}|}{s} \right) / n, \quad (2)$$

где: x_i – натуральный логарифм значения параметра;

\bar{x} – среднее логарифмированного массива;

s – стандартное отклонение логарифмированного массива;

n – количество параметров.

Для расчета Kk использовались концентрации наиболее значимых токсикантов, а также суммарные содержания основных групп загрязняющих веществ (всего 15 параметров): нафталин, флуорен, антрацен, флуорантен, бенз(б)флуорантен + перилен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, Σ ПАУ, Σ ГХЦГ, Σ ДДТ, Σ ПХБ, цинк, кадмий, ртуть, мышьяк.

Наибольшие значения Kk для растительности фоновых районов были отмечены в 2003-2004 гг., тогда как на территории локального мониторинга наибольшие величины Kk наблюдались в 2010-2013 гг. (рис. 6). Такой характер многолетней изменчивости загрязненности растительного покрова, в целом, характерен и для каждого отдельного поллютанта или группы загрязняющих веществ. Помимо этого, следует обратить внимание на следующие особенности изменения загрязненности: для растительного покрова фоновых территорий прослеживается тенденция к снижению уровней загрязнения, для растений районов локального мониторинга – к повышению. Это может быть обусловлено тем, что в течение периода наблюдений 2002-2013 гг. источники поступления загрязняющих веществ были локализованы, что сузило ареал распространения поллютантов, попадающих в растительный покров именно из местных источников. В то же время, на территории фонового мониторинга, при снижении интенсивности хозяйственной деятельности в районе пос. Баренцбург, локализации существующих источников загрязнения и масштабных рекультивационных работах, сложились благоприятные условия для ослабления антропогенной нагрузки на растительный покров, и, как следствие, для уменьшения степени загрязненности растительности фоновых территорий.

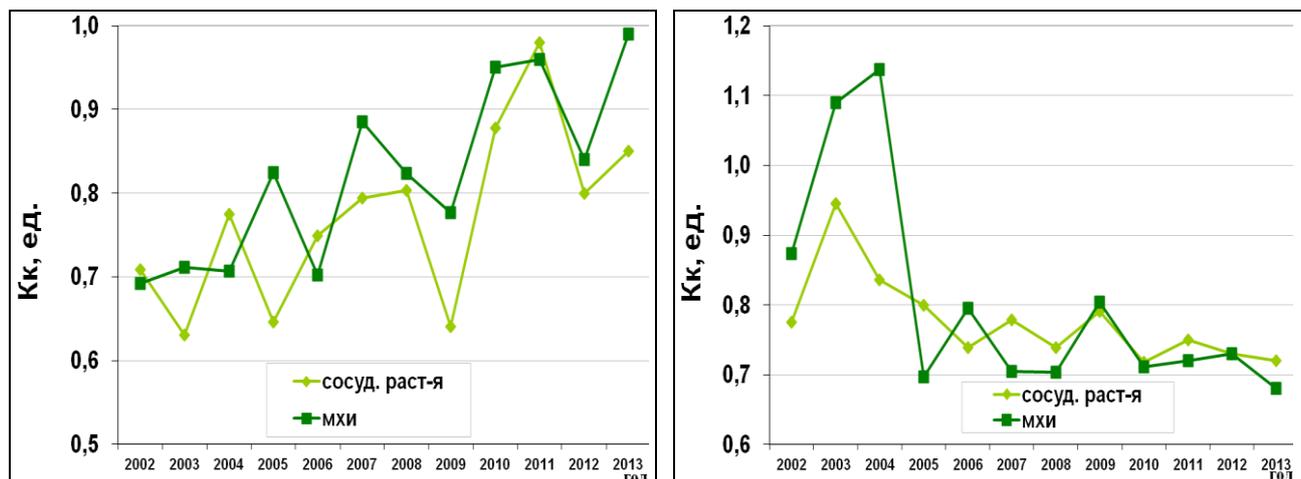


Рис.6. Многолетняя изменчивость величины комплексного коэффициента загрязненности K_k для проб растительного покрова по данным локального (слева) и фонового мониторинга (справа)

Таким образом, можно отметить, что доминирующими группами загрязняющих веществ в растительном покрове исследуемого района являются хлорорганические соединения, из которых следует особо выделить суммы ПХБ, и ДДТ, концентрации которых в наибольшей степени превосходят известные фоновые уровни содержания данных веществ в растительном покрове. В отдельных районах отбора отмечены и значительные превышения фоновых уровней и по содержанию суммы ПАУ и свинца.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные при выполнении диссертационной работы.

Выполненные исследования позволили получить объективную оценку существующих уровней загрязнения природных сред в районе расположения рудника Баренцбург на арх. Шпицберген и проследить межгодовые тенденции их изменений.

Результаты исследований позволили сделать следующие **выводы**:

1. Качество атмосферного воздуха в районе расположения пос. Баренцбург полностью соответствует действующим российским гигиеническим нормативам для воздуха населенных мест и директиве Совета Европейского союза 1999/30/ЕС от 22.04.1999 г. по стандартам загрязнения атмосферного воздуха.

2. Морские воды в заливе Гренфьорд, с точки зрения рыбохозяйственных нормативов, классифицируются как «чистые». Локальное загрязнение прибрежных вод залива Гренфьорд связано с поступлением неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод в залив и не оказывает значительного влияния на качество вод залива в целом.

3. Воды озера Биенда-Стемме, за весь период наблюдений, характеризуются незначительной загрязненностью, соответствуют санитарно-гигиеническим нормам, предъявляемым к водоемам питьевого и хозяйственно-бытового водопользования и относятся ко II классу качества – «чистые» и выраженного тренда к ухудшению качества не имеют.

7. Качество воды реки Грендалсэльва, с 2007 года по настоящее время, характеризуется наличием выраженной тенденцией к ухудшению состояния водного объекта. Если в 2007 году качество воды в реке соответствовало 3 классу - «умеренно загрязненная», то в 2010 году уже 7 классу «чрезвычайно грязная».

8. Снежный покров территории поселка Баренцбург и его окрестностей, в целом, характеризуется относительно повышенными концентрациями хлорорганических пестицидов, ПХБ и некоторых ПАУ и ТМ по сравнению с фоновыми районами Арктики.

9. Загрязнение почвенного покрова изучаемого района крайне неоднородно, особенно на территории поселка Баренцбург и его санитарно-защитной зоны. По содержанию суммарных НУ, ХОП и ТМ почвы, на территории рудника Баренцбург и его санитарно-защитной зоны, характеризуются допустимой степенью загрязнения. Вне пределов территории поселка Баренцбурга и его санитарно-защитной зоны, загрязнение почв находится на уровне, характерном для района арктических тундр.

10. Доминирующими группами загрязняющих веществ в растительном покрове исследуемого района являются хлорорганические соединения, из которых следует особо выделить суммы ПХБ и ДДТ, концентрации которых в наибольшей степени превосходят известные фоновые уровни содержания данных веществ в растительном покрове. В отдельных районах отмечены и значительные превышения фоновых уровней и по содержанию суммы ПАУ и свинца.

11. В целом, полученные по результатам мониторинга загрязнения данные и выполненные обобщения показали, что содержания основных групп загрязняющих веществ в компонентах природных сред в районе расположения пос. Баренцбург являются характерными для районов развития угледобывающей промышленности и не являются критическими.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 23 научные работы, в том числе 3 публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований:

1. Демешкин А. С. Загрязнение почвенного покрова арх. Шпицберген (район расположения угольного рудника «Баренцбург и сопредельные территории) хлорорганическими соединениями // Ученые записки РГГМУ. - 2014. - №37.- С. 191-203.

2. Демешкин А. С. Геоэкологическая оценка состояния природной среды архипелага Шпицберген // Естественные и технические науки. -М.: изд. «Спутник +»,2014. - №11-12 (78) – С. 187 -192.

3. Демешкин А. С. Оценка загрязненности почвенного и растительного покрова архипелага Шпицберген // Общество. Среда. Развитие. – СПб.: изд. ЦНИТ «Астерион», 2014. - № 3 (32). – С. 146-151.

Монография:

4. Демин Б. Н., Граевский А. П., Демешкин А. С., Власов С. В., Крылов С. С., Лалетин Н. А. Состояние и тенденции изменения загрязнения окружающей среды в местах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген (поселок Баренцбург и сопредельные территории) за период 2002—2010 гг. - СПб.: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2011.- 316 с.

Публикации в других изданиях:

5. Демешкин А. С. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях залива Гренфьорд арх. Шпицберген //Труды института прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова. - Обнинск, 2011.- вып. 90. - С. 260 – 265.
6. Демешкин А.С., Савелова Д.А. Мониторинг содержания полиароматических циклических углеводородов в почвах архипелага Шпицберген за период 2008-2011 годов// Труды института прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова. – М. ИПГ, 2013. - вып. 91. - С. 6-12.
7. Демин Б.Н., Граевский А.П., Демешкин А.С. Фоновый и локальный мониторинг загрязнения компонентов окружающей среды в районах расположения российских предприятий на архипелаге Шпицберген (пос. Баренцбург и сопредельные территории) // Новости МПГ 2007/08. - 2009. - №26. – С.6 – 13.
8. Демин Б.Н., Демешкин А.С., Лалетин Н.А. Особенности динамики загрязнения снежного покрова и почв в районе пос. Баренцбург (арх. Шпицберген) полихлорированными бифенилами по результатам исследований 2007-2009 гг. // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена. (Мурманск, 27 – 30 октября 2010 г.). – М., 2010. – вып. 10. – С. 376-381.
9. Демин Б.Н., Демешкин А.С., Лалетин Н.А. Закономерности формирования полей концентрации загрязняющих веществ в различных природных средах архипелага Шпицберген//Глобальные климатические изменения и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов. – Апатиты, 2011. – С. 36 – 38.
10. Демин Б.Н., Демешкин А.С., Граевский А.П., Лалетин Н.А. Состояние загрязненности природной среды пос. Баренцбург и сопредельных территорий хлорорганическими соединениями//Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений. Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген. М., 2009. вып. 9. С. 241 – 248.
11. Демин Б. Н., Граевский А. П., Демешкин А. С. Оценка состояния природной среды в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген за 2008 г. // Экспедиционная деятельность в рамках Международного полярного года 2007/08. - СПб., 2009. - Т. 2: Экспедиции 2008 года. - С. 53-55
12. Демин Б.Н., Граевский А.П., Демешкин А.С., Власов С.В. Загрязнение почвенно-растительного комплекса в окрестностях рудника «Баренцбург» полициклическими ароматическими углеводородами // Арктика: экология и экономика. – 2012. - №3 (7). - с. 62-73.
13. Демин Б.Н., Граевский А.П., Крылов С.С., Демешкин А.С., Власов С.В. Источники и уровни экстремального загрязнения природной среды полихлорированными бифенилами в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген // Арктика: экология и экономика. – 2013. - №3 (11). - с. 25-39.
14. Демин Б.Н., Граевский А.П., Демешкин А.С. Гренландское море (Шпицберген) // Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007. – М., 2009. – С. 143 – 148.
15. Демин Б.Н., Клопов В.П., Граевский А.П., Демешкин А.С. Гренландское море (Шпицберген). Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген // Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2008. – М., 2009. – С. 138 – 141.

16. Демин Б.Н., Клопов В.П., Граевский А.П., **Демешкин А.С.** Гренландское море (Шпицберген). Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген // Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2009. – Обнинск, 2010. – С. 147 – 151.

17. Демин Б.Н., **Демешкин А.С.**, Граевский А.П. Комплексная оценка загрязнения окружающей среды побережий арктических морей и архипелага Шпицберген // Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2008 г. – М., 2009. – С. 161 – 170.

18. Демин Б.Н., **Демешкин А.С.**, Граевский А.П. Комплексная оценка загрязнения окружающей среды побережий арктических морей и архипелага Шпицберген // Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2009 г.– М., 2010. – С. 156 – 164.

19. Демин Б.Н., **Демешкин А.С.**, Граевский А.П. Комплексная оценка загрязнения окружающей среды побережий арктических морей и архипелага Шпицберген // Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2010 г.– М., 2011. – С. 163 – 174.

20. Демин Б.Н., Клопов В.П., Граевский А.П., **Демешкин А.С.** Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген. Гидрохимические показатели. Загрязняющие вещества. СЗФ//Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2008. Обнинск, 2009.– С. 138 – 141.

21. Демин Б.Н., Граевский А.П., **Демешкин А.С.** Комплексная оценка загрязнения окружающей среды побережий арктических морей и архипелага Шпицберген за 2012 г.// Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2011 г.– М., 2013. – С. 155 – 165.

22. Демин Б.Н., **Демешкин А.С.**, Граевский А.П. Комплексная оценка загрязнения окружающей среды побережий арктических морей и архипелага Шпицберген // Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2011 г.– М., 2012. – С. 221 – 236.

23. Демин Б.Н., **Демешкин А.С.**, Граевский А.П. Комплексная оценка загрязнения окружающей среды побережий арктических морей //Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2013 г.– М., 2014. – С. 195 – 210.