

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель:

доктор химических наук,  
профессор Фрумин Г. Т.

Санкт-Петербург

2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН	10
1.1. Географические сведения	10
1.2. Климатические условия острова Западный Шпицберген	12
1.3. Геоморфологические и гляциологические условия острова Западный Шпицберген	15
1.4. Гидрологические условия заливов Исфьорд и Гренфьорд острова Западный Шпицберген	18
1.5. Гидрологические условия пресноводных объектов острова Западный Шпицберген	20
1.6. Почвенный и растительный покров острова Западный Шпицберген	22
1.7. Животный мир побережья острова Западный Шпицберген.	24
1.8. Хозяйственно-экономическая деятельность на острове Западный Шпицберген	26
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	32
2.1. Характеристика информационного массива	32
2.2. Методика обоснования территорий фонового и локального мониторинга в труднодоступной местности на архипелаге Шпицберген	34
2.3. Методы проведения полевых работ	38
2.4. Химико-аналитические исследования отобранных образцов и проб	40
ГЛАВА 3. УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В КОМПОНЕНТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОСЕЛКА БАРЕНЦБУРГ	57

3.1. Атмосферный воздух и аэрозоль	57
3.1.1. Атмосферный воздух	58
3.1.2. Атмосферный аэрозоль	66
3.2. Снежный покров	75
3.3. Морские воды	90
3.4. Донные отложения	95
3.4.1. Морские донные отложения	95
3.4.2. Озерные донные отложения	101
3.4.3. Речные донные отложения	104
3.5. Поверхностные воды суши	118
3.6. Почвы	116
3.7. Растительный покров	127
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	135
АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ	
ПОСЕЛКА БАРЕНЦБУРГ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	
4.1. Оценка загрязнения приземного слоя атмосферы	135
4.2. Оценка качества морских вод	138
4.3. Оценка степени загрязнения донных отложений	141
4.3.1. Оценка степени загрязнения морских донных отложений	143
залива Гренфьорд	
4.3.2. Оценка степени загрязнения речных и озерных донных	146
отложений	
4.4. Оценка качества поверхностных вод суши	147
4.5. Оценка загрязнения почвенного покрова	151
4.6. Оценка загрязнения растительного покрова	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	168
ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	171
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	173

## ВВЕДЕНИЕ

*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 (Рованиemi, Финляндия), которая утвердила Стратегию защиты окружающей среды Арктики (AEPS), состоявшую 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 создана база данных по содержанию загрязняющих веществ в объектах природной среды в районе расположения угледобывающего рудника Баренцбург за период с 2002 по 2013 годы (атмосферный воздух, снег, морская и природная вода, донные отложения, почвенный и растительный покровы).
2. Обоснованы группы приоритетных загрязняющих веществ, характерные для района угледобывающего рудника Баренцбург.
3. Показано, что основными загрязняющими веществами в районе расположения угледобывающего рудника Баренцбург являются хлорорганические пестициды и полихлорбифенилы.
4. Развита методические основы комплексной оценки состояния природной среды по совокупности гидрохимических, метрологических, химических и биологических показателей.

*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.1.11. 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 (Лонгиербъен 2008 г., Санкт-Петербург 2010 г., Баренцбург 2011 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.

# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

## 1.1. Географические сведения

Архипелаг Шпицберген, расположен в Северном Ледовитом океане, между  $76^{\circ}26'$  и  $80^{\circ}50'$  северной широты и  $10^{\circ}$  и  $32^{\circ}$  восточной долготы (Рис. 1.1). Крупнейшими островами архипелага являются: Западный Шпицберген ( $37673 \text{ км}^2$ ), Северо-Восточная Земля ( $14443 \text{ км}^2$ ), Эдж ( $5\,074 \text{ км}^2$ ), Баренца ( $1288 \text{ км}^2$ ), Белый ( $682 \text{ км}^2$ ), Земля Принца Карла ( $615 \text{ км}^2$ ), острова Конгсёйа ( $191 \text{ км}^2$ ) и Медвежий ( $178 \text{ км}^2$ ).

Общая поперечность суши островов составляет примерно  $61\,200 \text{ км}$ . Самые крайние точки архипелага: о. Русс на севере ( $80^{\circ}50'$  с.ш.,  $20^{\circ}21'$  в.д.), мыс Кремер, на острове Белом ( $80^{\circ}20'$  с.ш.,  $38^{\circ}31'$  в.д.) – на востоке, на юге остров Кельхау ( $74^{\circ}20'$  с.ш.,  $19^{\circ}03'$  в.д.) и мыс Фуглехукен на Земле Принца Карла ( $78^{\circ}54'$  с.ш.,  $10^{\circ}27'$  в.д.) – на западе [1].

Главная особенность Шпицбергена – наличие больших территорий с нетронутой, дикой природой. Суммарная площадь расположенных здесь семи национальных парков, трех природных и пятнадцати птичьих заповедников составляет около 65% всей территории.

По Парижскому договору от 1920 года суверенитет над Шпицбергеном был установлен за Норвегией. Суверенитет носит ограниченный характер. Государствам, подписавшим данный договор, предоставлялось равное с Норвегией право ведения хозяйственной и научно-исследовательской деятельности на островах архипелага и в его территориальных водах. Административную власть на архипелаге осуществляет губернатор Свальбарда, который подчиняется правительству Норвегии. Администрация расположена в поселке Лонгьер, названным в честь американского

предпринимателя Джона Лонгиера, открывшего здесь угольную шахту в 1906 г.

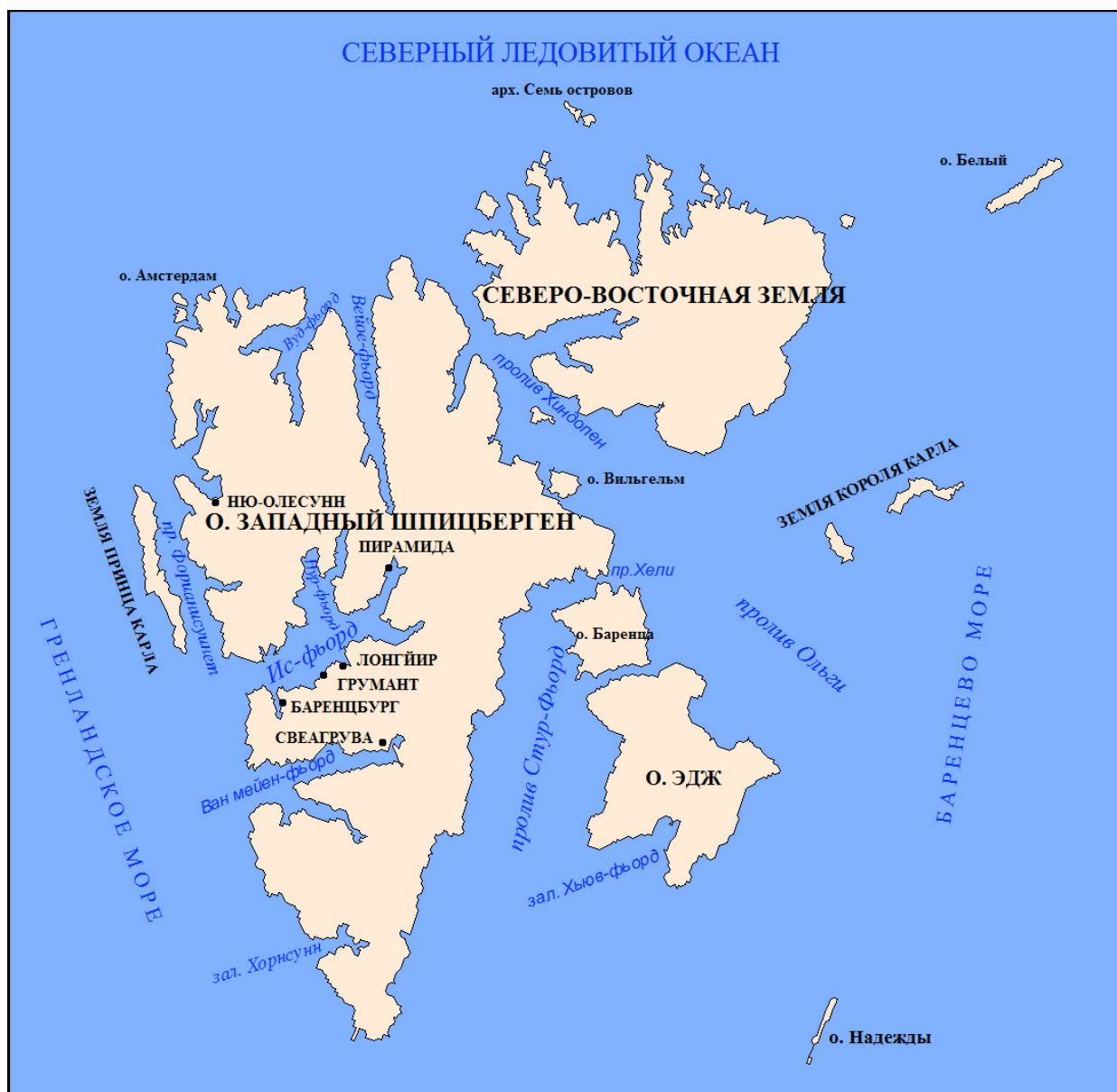


Рисунок 1.1 - Карта-схема архипелага Шпицберген

Общая численность населения на архипелаге Шпицберген в настоящее время составляет около 2600 человек. Большая часть проживает в Лонгиере – около 2000 человек, далее по численности населения идет Баренцбург - 430 человек, Нью-Олесунн - 25 человек (летом количество проживающих увеличивается до 300) и польская научная станция Хорсунн - 10 человек.

Российские шахтерские поселки Грумант, Колсбей и Пирамида закрыты. Норвежский шахтерский поселок Свеагрув обслуживается вахтовым методом.

Большая часть острова Западный Шпицберген покрыта ледниками, площадь оледенения составляет около 21,2 тыс. км<sup>2</sup>. Рельеф представляет собой сочетание горных массивов с плоскогорьями и широкими долинами. Наивысшими точками являются гора Ньютон высотой 1713 м и гора Перьер - 1712 м. Более 43% территории находится на высоте свыше 300 метров над уровнем моря. Побережье о-ва Западный Шпицберген сильно изрезано заливами, крупнейшие из которых Исфьорд и Вейде-фьорд имеют протяженность более 100 км.

## 1.2. Климатические условия острова Западный Шпицберген

Климатические условия острова Западный Шпицберген определяются, прежде всего, его высокоширотным положением, влиянием теплого Западно-Шпицбергенского течения и режимом атмосферной циркуляции, характеризующимся устойчивым западно-восточным переносом воздушных масс вдоль Исландско-Карской ложбины пониженного давления и ее Шпицбергенской ветви, расположенной к западу от острова. Прохождение циклонов южнее архипелага обуславливает принос воздушных масс с востока и юга, а при движении циклонов через остров Западный Шпицберген или к северу от него – с запада и юго-запада.

Температурный режим острова Западный Шпицберген определяется взаимодействием арктического воздуха с воздухом умеренных широт, проникновение которого облегчено специфическими чертами атмосферной циркуляции района. Влияние теплых воздушных адвекций значительно повышает средние температуры воздуха в зимние месяцы, и среднюю годовую температуру.

По данным многолетних наблюдений среднегодовые температуры воздуха на острове Западный Шпицберген составляют: Баренцбург –6,4 °С,

Пирамида  $-5.5^{\circ}\text{C}$ , Лонгиер (аэропорт)  $-6.7^{\circ}\text{C}$ , Нью-Олесунн  $-6.3^{\circ}\text{C}$ . Температура самого теплого месяца – июля составляет: Баренцбург  $+5.5^{\circ}\text{C}$ , Пирамида  $+6.8^{\circ}\text{C}$ , Лонгиер (аэропорт)  $+5.9^{\circ}\text{C}$ , Нью-Олесунн  $+4.9^{\circ}\text{C}$ . Самые холодные месяцы на острове – февраль и март. В Лонгиере (аэропорт) среднемесячная температура февраля составляет  $-16.2^{\circ}\text{C}$ , в Нью-Олесунне  $-14.6^{\circ}\text{C}$ . В Баренцбурге среднемесячная температура марта составляет  $-16.6^{\circ}\text{C}$ , в Пирамиде  $-15.8^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температуры, зарегистрированный в Баренцбурге, составил  $+15.8^{\circ}\text{C}$ , в Лонгиере (аэропорт)  $+21.3^{\circ}\text{C}$ , в Нью-Олесунне  $+17.0^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры в Баренцбурге составил  $-49.2^{\circ}\text{C}$ , в Лонгиере (аэропорт)  $-46.3^{\circ}\text{C}$ , в Нью-Олесунне  $-42.2^{\circ}\text{C}$  [2].

В годовом ходе температуры воздуха для станции Баренцбург отчетливо проявляется вторичный (и основной) минимум температуры в марте. Однако на станции Лонгиер (аэропорт) этот минимум сдвинут на февраль, что свидетельствует наряду с такими признаками, как более низкие температуры зимой и более высокие летом, о быстром возрастании континентальности климата в направлении от периферии острова к центру.

Своеобразие зимнего температурного режима острова проявляется в частых резких потеплениях, возможных практически в любой месяц. Положительные температуры воздуха преобладают на острове Западный Шпицберген в некоторые годы в сентябре, а иногда и в октябре. Так, например, на станции Хорнсунн в 1957 году средняя температура октября составила  $+1.7^{\circ}\text{C}$ , что лишь на  $0.5^{\circ}\text{C}$  ниже средней июньской.

Летние температуры воздуха изменяются в меньшем диапазоне, чем зимние. Значения температуры воздуха на уровне моря в летние месяцы, прежде всего, различны между центральной частью острова Западный Шпицберген и его периферией. Летом температура воздуха в центральной части острова в среднем на  $2^{\circ}\text{C}$  выше, чем на его окраинных частях.

Ветер достигает на острове Западный Шпицбергене значительных скоростей. Средняя многолетняя скорость ветра в Баренцбурге составляет  $3.4$  м/с, в Пирамиде —  $2.9$  м/с. Вероятность сильных ветров увеличивается к северу

и северо-востоку. Наибольшей силы ветры достигают в первой половине зимы. В это время на острове часто бушуют метели, в Баренцбурге за год бывает до 70 дней с метелями.

Вследствие различной степени нагревания летом и охлаждения зимой суши и моря в прибрежных районах острова Западный Шпицберген наблюдается муссонный ход ветров: зимой преобладают ветры с суши на море, летом — с моря на сушу. Во многих районах острова направление ветров определяется особенностями рельефа. Во фьордах и узких долинах преобладают ветры, совпадающие с направлением их осевых линий. Так, в заливе Гренфьорд в течение большей части года преобладают юго-восточные и южные ветры, а в июле и августе — северные и северо-западные. В районе поселка Пирамида, прикрытого с севера горами, почти не бывает ветров северного направления. В местах распространения обширных ледников на острове наблюдаются ледниковые (катабатические) ветры.

Относительно часто, особенно в январе-феврале и мае-июне, на архипелаге бывают штили, во время которых зимой наблюдаются наиболее сильные морозы.

В районе поселков Баренцбург и Пирамида в среднем за год выпадает 400 мм осадков. На западном побережье острова осадков выпадает больше, чем на восточном. Максимальное количество осадков приносят южные и юго-западные ветры. Осадки выпадают в основном в виде слабых, но продолжительных по времени снегопадов. Мощные снегопады и сильные дожди случаются на архипелаге редко. Ежегодно здесь бывает до 240 дней с осадками, в том числе 170 — со снегом и 70 — с дождем, обычно морозящим, нередко с мокрым снегом. Снежный покров устанавливается на острове Западный Шпицберген в октябре. Наряду со снегом и дождем определенная часть влаги оседает на Шпицбергене в виде росы, инея, изморози и наледи. Количество этих осадков (в пересчете на воду) составляет в среднем 150 мм в год. В абсолютном выражении содержание влаги в воздухе на архипелаге невелико, однако вследствие постоянно низких температур здесь в течение

всего года повсеместно наблюдается высокая относительная влажность. В Исфьорде она составляет 83% зимой и 87% летом.

Полярная ночь длится на архипелаге с 26 октября по 15 февраля, полярный день с 20 апреля по 23 августа.

### 1.3. Геоморфологические и гляциологические условия острова Западный Шпицберген

Архипелаг Шпицберген в целом представляет собой крайний северо-западный выступ материковых структур Евразии и является своего рода уникальным естественным обнажением - здесь на дневную поверхность выходят кристаллические и складчатые породы фундамента и покровные осадочные комплексы. В геологическом строении архипелага принимают участие в разной степени метаморфизованные вулканогенно-осадочные и интрузивные комплексы докембрия и нижнего палеозоя, представленные гранитами, кристаллическими сланцами, гнейсам, мигматитами, филлитами, мраморами и метавулканитами. Их перекрывают осадочные толщи среднего и верхнего палеозоя, мезозоя и палеогена, представленные красноцветными терригенными толщами, угленосными, карбонатными и кремнисто-карбонатными отложениями и песчаниками, и вмещающие позднемезозойскую трапповую формацию. Завершают разрез полифациальные образования четвертичного возраста.

Остров Западный Шпицберген представляет собой среднегорную страну с абсолютными отметками рельефа около 800–1300 метров. Рельеф острова Западный Шпицберген приближен к альпийскому типу. Он характеризуется значительной расчлененностью земной поверхности, обусловленной тектоническим строением, чередованием сложной системы хребтов и платообразных возвышенностей, к которым приурочены ледники, глубоко врезаемыми долинами и острыми вершинами гор. Здесь сосредоточены почти все «тысячники» архипелага — 57 вершин, поднимающихся на 1000 и более

метров. Горы носят на себе глубокие следы воздействия ледников, водной эрозии и выветривания. Вследствие широкого распространения процессов денудации подножия многих из них окаймлены мощными конусами осыпей и усеяны обломочным материалом. На ряде участков вдоль берегов острова Западный Шпицберген на высоте 20-30 м. над уровнем моря отмечаются прибрежные равнины, ширина которых достигает 10 и более километров. На западном побережье прибрежная равнина образует почти непрерывную, низменную полосу, протянувшуюся на многие десятки километров. Обширные равнины расположены вдоль Лифдефьорда, Вудфьорда и Вейдефьорда.

Прибрежные равнины сложены галечником, реже - крупно- и разнотернистыми песками. Многие участки прибрежных равнин заболочены. Для северо-западной части острова Западный Шпицберген характерны остроконечные вершины и узкие гребни хребтов, разделенных глубокими продольными и поперечными долинами. Во многие долины спускаются ледники, большинство из них берет начало на ледниковых плато Исаксена и Хольтедаля. На севере этой части острова расположена обширная равнина Рейнсдерфлюа с множеством болот и небольших озер. В северо-восточной части острова Западный Шпицберген расположены два обширных ледниковых плато: в северных районах, для которых характерен столовый рельеф с высотами 200-300 м, лежит плато Осгорд; в южных, типично горных - плато Ломоносова. Между двумя этими плато в группе гор Хидениуса возвышается гора Ньютон — наивысшая точка архипелага (1713 м.) и вторая по высоте гора Перрьер (1710 м.).

Рельеф центральной части острова Западный Шпицберген — обширное высокогорное плато, состоящее из ряда рассеченных речными долинами массивов, над которыми поднимаются отдельные вершины. Южная часть острова Западный Шпицберген — сильно расчлененная горная область с хаотическим нагромождением остроконечных вершин, горных кряжей и глубоких долин; многие из них заполняют языки ледников.



Архипелаг Шпицберген находится в зоне сплошного развития многолетнемерзлых пород; мерзлота прерывается только под водами морских заливов и, возможно, под дном долин самых крупных рек. Мощность мерзлоты местами достигает 200 м. Летом оттаивает лишь незначительный верхний слой многолетнемерзлых пород – от 0.5 до 2.5 м толщиной.

Низкая средняя годовая температура воздуха (около  $-6^{\circ}\text{C}$ ), большая продолжительность холодного периода в течение года (более 8 месяцев) и значительное количество выпадающих зимой осадков (на ледниках – более 600 мм) обусловили широкое распространение оледенения на архипелаге. На Шпицбергене насчитывается около 2128 ледников, площадь которых составляет 60% от общей площади архипелага [3]. По характеру оледенения вся территория Шпицбергена делится на три крупные области: покровного, горно-покровного и горного (горно-долинного) оледенения [4, 5].

Основная масса ледников архипелага (более 60%) находится на острове Западный Шпицберген. Центральную часть острова Западный Шпицберген занимают горные ледники, к периферии острова приурочена область развития горно-покровного оледенения.

Потепление климата последних лет и рост высоты границы питания на территории острова Западный Шпицберген стали причиной увеличения площади зон абляции на всех ледниках. Это привело к усилению таяния на ледниках и увеличению ледникового стока. Наиболее существенно рост площадей абляции отмечен на горно-долинных ледниках, для большинства из которых баланс массы стал устойчиво отрицательным. Для всех горно-долинных ледников острова в настоящее время характерно сокращение размеров, которое выражается в понижении поверхностей и отступании краев ледников [6].

Анализ имеющихся данных показывает, что многие выводные ледники горно-покровного оледенения также деградировали с 1936 по 1990 годы. Однако потепление климата затронуло эти ледники в меньшей степени, чем горные ледники. И хотя языки некоторых покровных ледников с 1936 года

отступили до 3 и более километров, соотношение площади аккумуляции ко всей площади ледника изменилось не так сильно [6].

#### 1.4. Гидрологические условия заливов Исфьорд и Гренфьорд острова Западный Шпицберген

Западное и северо-западное побережье острова Западный Шпицберген изрезано глубоко вдающимися в сушу заливами. К числу крупнейших из них принадлежит залив Исфьорд, его площадь составляет порядка 2 380 км<sup>2</sup>, ширина между входными мысами 20 км, длина свыше 100 км. Залив ориентирован с запада на восток, преобладающие глубины – 150-300 м, максимальная глубина 415 м. Залив образует три крупных ответвления – Нордфьорд, Биллефьорд и Сассенфьорд.

Залив Гренфьорд находится на расстоянии 10 км. от входа в залив Исфьорд на его южном берегу. Залив ориентирован с юга на север и имеет протяженность 16.5 км. Ширина залива изменяется от 1.8 км в кутовой части до 6 км на границе с Исфьордом. Площадь акватории составляет около 47 км<sup>2</sup>. Рельеф дна залива имеет правильную корытообразную форму с уклоном в сторону открытой границы. Глубины изменяются от 50 м в кутовой части до 185 м. на выходе из фьорда. В залив впадает несколько рек и ручьев, суммарный расход которых может достигать 30 м<sup>3</sup>/с.

Гидрологический режим залива Исфьорд и его ответвлений формируется в суровых климатических условиях Арктики при значительном влиянии Западно-Шпицбергенской ветви Нордкапского течения. Гораздо меньшую роль в формировании режима залива играет пресный сток, выводные ледники, холодное течение Южного мыса.

Колебания уровня воды в заливе определяются, прежде всего, приливо-отливными факторами. Прилив - правильный полусуточный, высоты прилива не более 2.5 м. Лед в заливе обычно находится в течение 10 месяцев. В некоторые годы лед может наблюдаться круглый год, либо не образовываться

вовсе. Лед в основном местного происхождения, но в отдельные годы в залив заходит лед из Гренландского моря. Режим волнения характеризуется небольшими значениями параметров волны.

Фьорды острова Западный Шпицберген находятся под влиянием различных факторов, формирующих их термохалинную структуру. Океанографические условия в западных фьордах архипелага Шпицберген главным образом связаны с характеристиками потоков, текущих вокруг архипелага [7]. Также одним из основных факторов, формирующих термохалинную структуру и гидрохимический режим фьордов, является речной сток. Климатические изменения в районе архипелага Шпицберген приводят к деградации ледников, увеличению речного стока и, соответственно, к изменению в термохалинной структуре прибрежных акваторий.

Взаимодействие различных факторов, обуславливающих циркуляцию вод, совместно с топографией дна и береговой линии, формируют течения и распределение водных масс в заливах. При этом наблюдается изменчивость гидрологических полей в широком диапазоне временных масштабов: приливо-отливная, синоптическая, сезонная и межгодовая. Последняя связана с межгодовыми климатическими изменениями в регионе и с изменчивостью транспорта тепла Западно-Шпицбергенским течением.

Водные массы заливов Исфьорд и Гренфьорд представлены поверхностной водой, - летом более прогретой и менее соленой из-за речного стока, атлантической водой с температурой больше  $3^{\circ}\text{C}$  и соленостью больше 34.9 ‰, трансформированной атлантической водой с температурой больше  $1^{\circ}\text{C}$  и соленостью больше 34.7 ‰, промежуточной водой с температурой  $>1^{\circ}\text{C}$  и соленостью  $34 < S < 34.7$  ‰, зимней водой с температурой меньше  $-0.5^{\circ}\text{C}$  и соленостью больше 34.4 ‰, водой местного происхождения и арктической водой.

Вертикальная структура водной массы по всей длине залива Гренфьорд меняется слабо. Наибольшая пространственная изменчивость наблюдается в самом верхнем 10-метровом слое и объясняется неравномерностью притока

речных вод по длине залива. При попадании в залив речная вода достаточно быстро смешивается с морской водой и не проявляет свойств пресной воды уже на расстоянии нескольких метров от места впадения. В штилевых условиях дальнейшее (до 100 м от места впадения реки) распространение смешанных вод происходит в тонком поверхностном слое толщиной около 30 см. Лишь на расстоянии 400-500 м. поверхностный и однородный по температуре и солености слой становится толще 0.5 м.

### 1.5. Гидрологические условия пресноводных объектов острова Западный Шпицберген

Речная сеть на архипелаге Шпицберген, в целом, развита слабо. Наиболее крупные реки протекают на острове Западный Шпицберген: Рейндален (протяженность около 50 км), Сасендален (40 км) и Адвентдален (35 км). Реки текут по днищам плоских широких долин, сильно меандрируют, делятся на отдельные рукава и образуют эстуарии в приустьевых участках. Многие водотоки архипелага имеют крутой профиль русла и характеризуются быстрым течением, образуя пороги и водопады.

Таяние снега на реках начинается во второй половине мая. В первые 10-15 дней после перехода средних суточных температур воздуха через 0°C в сторону положительных значений они, как правило, остаются близкими к нулю, а расходы воды на реках обычно составляют сотни литров в секунду и не превышают 1-2 м<sup>3</sup>/с. Начало половодья, вызванное повышением средних суточных температур воздуха до +2°C – +3°C отмечается в первой половине июня, а его пик в конце июня - начале июля. В период формирования максимальных расходов воды на большей части территории бассейнов рек сохраняется снежный покров. После прохождения пика половодья заснеженность территории и расходы воды быстро снижаются. Это особенно характерно для рек внутренних частей острова, где снеготопасы в нижних частях бассейнов незначительны. При замедленном росте температур воздуха в

первой половине периода абляции доля заснеженных поверхностей в течение длительного периода остается значительной, а половодье с несколькими пиками растягивается почти на месяц.

Летние паводки, иногда с расходами, превышающими максимальные расходы половодья, формируются во второй половине лета при выпадении интенсивных ливневых осадков в дни с высокой температурой воздуха.

Осенние паводки, вызванные адвекцией теплых воздушных масс и выпадением обложных осадков, наиболее характерны для западной периферии острова.

Период постоянного поверхностного стока на реках продолжается 5-6 месяцев и обычно заканчивается к концу октября. За три летних месяца проходит более 90% стока, в том числе 40-60 % в июле. На водотоках, бассейны которых имеют значительную степень оледенения, сток в течение летних месяцев распределяется более равномерно, основные его объемы проходят в период с середины июня до середины августа. Доля ледникового стока в бассейнах с оледенением более 50% превышает 70 %. Однако и у бассейнов с малым оледенением доля ледникового стока значительно превышает их относительные площади. Модуль стока воды с ледников почти в 4 раза больше, чем с безледных территорий. Во второй половине лета в теплые солнечные дни ледниковый сток составляет до 50-70% суммарного.

В период с ноября до середины мая поверхностного стока в реках практически нет, хотя во время оттепелей вода на поверхности снега в руслах может появляться в любом из этих месяцев. После устойчивого перехода средних суточных температур через 0°C в сторону отрицательных значений начинается промораживание отложений на пойме, а после прекращения поверхностного стока - и в руслах рек. Выдавливание содержащейся в них воды приводит к формированию русловых наледей и наледных бугров. Промерзание деятельного слоя четвертичных отложений и рост наледей обычно прекращаются к концу декабря. В бассейнах, на территории которых есть

ледники, гидролакколиты и источники, имеющие круглогодичный сток, формирование наледей продолжается в течение всего холодного периода.

Во время существования поверхностного стока русла рек претерпевают значительные изменения. В период до прохождения пика половодья вода течет вначале по снегу, а затем по слою русловой наледи, полное разрушение которой оканчивается в конце июня. В последующий период значительные деформации русла, как правило, его углубление, наблюдаются при прохождении максимальных паводочных расходов воды. На спаде паводков и в период меженных расходов в прибрежной части русел происходит отложение взвешенных илистых и мелких песчаных наносов.

В соответствии с картой распределения снежного покрова средний снегозапас на всем острове равен 800 мм. Объем суммарного стока на острове Западный Шпицберген превышает  $40 \text{ км}^3$  (1020 мм), а талый ледниковый сток равен  $25 \text{ км}^3$ . Водность центральных районов вдвое меньше, чем по острову в целом [8].

К наиболее крупным озерам острова Западный Шпицберген и всего архипелага в целом относятся озера Линне, Феммильшен и Лакшеэн.

#### 1.6. Почвенный и растительный покров острова Западный Шпицберген

Согласно схемам геоботанического разделения тундровой зоны ряд отечественных авторов [9,10] относит остров Западный Шпицберген к северной полосе арктических тундр. Другие авторы [11] выделяют весь архипелаг в целом в качестве автономного округа арктических тундр. При этом большая часть острова представлена северной полосой арктических тундр, и лишь в районе Исфьорда отмечаются экстразональные «острова» южной арктической тундры.

В целом, на острове Западный Шпицберген можно выделить четыре зоны:

1. Зона арктических полярных пустынь охватывает восточную часть острова Западный Шпицберген. Суровость климата обусловила здесь невысокий уровень видового разнообразия сосудистых растений и несомкнутый, разорванный характер растительного покрова, в котором особое значение приобретают мохообразные и лишайники.

2. Северо-арктическая тундровая зона занимает северное и северо-восточное побережье и южную часть острова. Растительный покров здесь также несомкнут, характерны субнивальные группировки, в которых доминирует *Phippsia algida*, и пятнистые тундры с преобладанием *Luzula confusa*.

3. Средне-арктическая тундровая зона сменяет северо-арктическую по мере продвижения с востока на запад острова Западный Шпицберген и уменьшения суровости климата. Характерны пятнистые тундры с доминированием кустарничков *Dryas octopetala*, иногда совместно с *Cassiope tetragona*. Сомкнутость растительного покрова достигает 25-50%.

4. Зона тундровой растительности внутренних фьордов включает внутренние части побережий крупных фьордов – Исфьорд, Бельсунн, Конгсфьорд, Вудфьорд и Вейдефьорд.

Таким образом, на острове проявляется меридиональная зональность смены растительности, обусловленная климатическими причинами и осложненная современным оледенением.

Во флоре острова Западный Шпицберген преобладают арктические и арктоальпийские виды с циркумполярным или почти циркумполярным ареалом. Наряду с этим достаточно широко представлены амфиатлантические виды, составляющие до 18% флоры [11].

Всего в пределах архипелага насчитывается 177 аборигенных видов сосудистых растений, принадлежащих к 29 семействам: Equisetaceae (3), Lycopodiaceae (1), Ophioglossaceae (2), Polypodiaceae (2), Poaceae (31), Juncaceae (6), Cyperaceae (19), Liliaceae (1), Salicaceae (4), Betulaceae (1), Polygonaceae (4), Chenopodiaceae (1), Caryophyllaceae (15), Ranunculaceae (10), Papaveraceae (1),

Brassicaceae (20), Saxifragaceae (14), Rosaceae (8), Ericaceae (2), Vaccinaceae (1), Crassulaceae (2), Gentianaceae (1), Polemoniaceae (1), Boraginaceae (1), Scrophulariaceae (3), Hippuridaceae (1), Campanulaceae (2), Asteraceae (9), Empetraceae (1). Кроме того, на Шпицбергене отмечается ряд заносных видов сосудистых, которые, как правило, не способны прожить здесь более одного вегетационного периода [12,13,14].

На архипелаге так же произрастает 250 видов мхов, 120 видов лишайников, несколько десятков видов грибов и пресноводные водоросли.

### 1.7. Животный мир побережья острова Западный Шпицберген.

Для фауны острова Западный Шпицберген, как и для всего архипелага в целом, характерно только три вида местных наземных млекопитающих: арктическая лисица или песец (*Alopex lagopus*), шпицбергенский олень (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) и белый (полярный) медведь (*Ursus maritimus*) [15].

Песец представлен на архипелаге двумя формами – белым песцом (составляет более 95% популяции) и голубым песцом. Песцы ведут активный кочевой образ жизни, в поисках пищи они могут совершать довольно большие переходы. Эти животные встречаются на приморских низменностях и высоко в горах, однако, излюбленное место их обитания – это подножие скал с птичьими базарами, где они поедают яйца и птенцов. Довольно часто песцы следуют за белым медведем, питаясь остатками медвежьей трапезы.

Шпицбергенский олень является самым малочисленным из семи подвидов северного оленя. Внешне шпицбергенский олень отличается от других своих сородичей меньшими размерами, короткими ногами и более густым и плотным мехом. Организм шпицбергенского оленя максимально приспособлен для выживания в условиях сурового климата и бедной растительности. Основной корм оленей на архипелаге зимой составляют лишайники, ветки и почки кустарников, летом – листья и побеги травянистых и



кустарниковых растений, грибы. Из-за активного истребления в XIX веке, к 1920 году поголовье оленей на Шпицбергене резко сократилось. В 1925 году шпицбергенский олень был взят под охрану. В настоящее время поголовье оленей на архипелаге насчитывает около 10000 животных. Наибольшая популяция шпицбергенских оленей отмечается в районе Земли Норденшельда острова Западный Шпицберген.

Белый медведь встречается, главным образом, на северном побережье острова Западный Шпицберген. Однако зимой, когда граница морских льдов смещается к югу, его можно заметить и на западном побережье острова. Белый медведь обитает на дрейфующих и припайных морских льдах, где охотится на свою основную добычу – кольчатую нерпу и других морских животных. На суше медведь встречается недалеко от побережья. В случае голода медведь подбирает падаль, дохлую рыбу, яйца и птенцов, в обжитых местах питается на помойках. Вследствие охоты к концу 1960-ых годов популяция белых медведей на архипелаге сократилась. В 1970 году были введены ограничения и квоты на отстрел, а в 1976 году принят закон об охране белого медведя. В результате принятых мер поголовье медведей на архипелаге восстановилось и в настоящее время составляет около 3000 особей.

В окружающих архипелаг прибрежных водах обитает ряд арктических морских млекопитающих: кольчатая нерпа (*Phoca hispida*), морской заяц или лахтак (*Erignathus barbatus*), морж (*Odobenus rosmarus*).

Кольчатая нерпа является самым распространенным видом и отмечается практически вдоль всего побережья острова Западный Шпицберген. Морской заяц так же довольно широко распространен вдоль побережья острова Западный Шпицберген. Как правило, он обитает в прибрежных мелких водах с глубинами до 50-70 метров. Морж является крупнейшим представителем ластоногих на Шпицбергене. Вследствие интенсивной охоты поголовье моржей резко сократилось, и в 1952 году он был взят под охрану. На настоящее время количество моржей в прибрежных водах архипелага составляет до 1000 голов.

Моржи обитают преимущественно на севере и востоке архипелага, однако, отмечаются и на западном побережье острова Западный Шпицберген.

В окружающих архипелаг водах также отмечается гренландский или полярный кит (*Balaena mysticetus*). Во фьорды острова Западный Шпицберген часто заходят белухи (*Delphinapterus leucas*) [16].

Единственный вид рыб, встречающийся в реках и озерах острова Западный Шпицберген – арктический голец (*Salvelinus alpinus*). В море имеется треска (*Gadus morhua*), мойва (*Mallotus villosus*), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*), белокорый палтус (*Hippoglossus hippoglossus*), морской окунь (*Sebastes marinus*) [17,18].

На Шпицбергене отмечается около 90 видов птиц, из которых 36 постоянно гнездятся на архипелаге [15]. Единственным видом, проживающим на Шпицбергене круглый год, является полярная (белая) куропатка (*Lagopus mutus hyperboreus*), остальные птицы на зиму улетают в южные страны, и возвращаются на архипелаг лишь весной для гнездования и выведения потомства. За небольшим исключением, птицы, обитающие на Шпицбергене, связаны с морем. Большинство из них ведет коллективный образ жизни, устраивая на скалах так называемые птичьи базары.

## 1.8 Хозяйственно-экономическая деятельность на острове Западный Шпицберген

В русских летописях есть упоминания, что поморы еще с 15-16 веков посещали архипелаг (старинное русское название - Грумант) для промысла морского зверя, что подтверждается многочисленными археологическими находками. В португальских и датских исторических документах есть записи о плаваниях русских поморов на промысел на остров Грумант датируемые 15 веком. Российскими археологами найдены следы нескольких зимовок, остатки предметов быта и орудий промысла поморов. Однако официальное открытие архипелага Шпицберген состоялась только в 1596 г. и было сделано

экспедицией Виллема Баренца. Получив название «страны острых гор», Шпицберген уже в 17 веке стал активно использоваться китобоями многих стран Европы, прежде всего англичанами и голландцами. Были построены многочисленные китобойные базы, остатки которых можно наблюдать на берегах архипелага и по ныне. Самые известные и крупные поселения Смеренбург находилось на острове Амстердам, а также существовали базы в заливах Хорсунн и Бельсунд [19]. К середине 18 века популяции китов и морского зверя значительно истощились, вследствие чего добыча пришла в упадок и поселения и зимовки были оставлены.

В конце 19-го века на Шпицбергене обнаруживают уголь, в связи с чем на о-ве Западный Шпицберген вновь возникают небольшие поселения и шахты. При добыче в этот период выбирался только легкодоступный уголь, после выработки угольного пласта шахта и поселение ликвидировались.

Первая промышленная разработка месторождений угля началась в долине Адвент-фьорда, когда Джон Лонгиер в 1906 г. получил права на добычу и основал поселок Лонгиер. В 1916 г. права на добычу были проданы норвежской компании Store Norske Spitsbergen Kulkompani AS (Store Norske).

В настоящее время активную хозяйственную деятельность на архипелаге Шпицберген ведут две страны – Норвегия и Россия.

Большая часть угля, добываемого норвежскими шахтерами, производится на шахте компании Store Norske в пос. Свеагруве. Здесь расположен самый крупный на Шпицбергене и второй по уровню добычи в Европе угледобывающий комплекс. Производительность предприятия – 2.7 млн.т угля в год. Мощность угольного пласта составляет от 3.8 до 5 м, добыча ведется подземным способом. Добытый уголь транспортируется к морскому порту по 13-километровой дороге, проложенной по леднику. Большая часть угля вывозится в Германию, Данию и Финляндию. Зимой, когда море замерзает, уголь хранится на портовом складе вместимостью до 1.6 млн.т. При современном уровне добычи, запасов угля на данном месторождении хватит до

2013-2015 гг., в дальнейшем добыча угля планируется на других разведанных участках [20].

Шахты в долине Адвентдален почти полностью выработали запасы угля в 80 годах XX века. В настоящее время компания Store Norske осуществляет промышленную в этом районе добычу только на шахте №7 в 15 км на восток от Лонгиера. Весь добытый уголь идет на покрытие собственных потребностей поселка. В поселке Нью-Олесунн добыча угля велась с 1917 года и была полностью остановлена в 1963 году из-за частых обвалов и взрывов метана в шахте.

Российская хозяйственная деятельность на острове Западный Шпицберген началась в 1923 году с покупки акций компании «Англо-Русский Грумант», созданной эмигрантами из России. В 1927 наша страна покупает лицензионный участок «Гора Пирамида». В 1931 году организуется «Государственный трест «Арктикуголь», которому передано все имущество, права и обязательства Советского Союза на Шпицбергене. В апреле 1932 года трест «Арктикуголь» приобретает у голландской компании «Неспико» шахту «Баренцбург» на берегу Гренфьорда и еще один земельный участок — «Тундра Богемана», расположенный на северном побережье Ис-фьорда. В очень сжатые сроки были построены новые и восстановлены старые шахты, что позволило уже к 1936 году добыть всеми рудниками треста «Арктикуголь» миллион тонн угля [21].

Во время второй мировой войны работы на рудниках были прекращены и весь персонал советских шахт эвакуирован в Архангельск. В результате рейда немецкой эскадры на Шпицберген шахты и рабочие поселки были полностью уничтожены. Восстановление рудников началось в 1946 году и к 1950 году все довоенные шахты были вновь введены в строй. К настоящему времени трест «Арктикуголь» является собственником 4 угольных месторождений общей площадью около 251 км<sup>2</sup>: «Баренцбург» (56.30 км<sup>2</sup>); «Тундра Богемана» (68.4 км<sup>2</sup>), «Грумант» (79.30 км<sup>2</sup>), «Пирамида» (47.05 км<sup>2</sup>).

Рудник Грумант и портовый погрузочный комплекс в поселке Колсбей по экономическим причинам были закрыты в 1961 году. Частично сохранились некоторые здания обеспечения шахты и элементы погрузочного комплекса в пос. Колсбей, которые используются как туристические объекты. Железная дорога и туннель, соединяющий рудник Грумант с поселком Колсбей, разрушены. По оценкам, выполненным трестом «Арктикуголь», разведанные запасы угля на месторождении составляют около 100 млн. т. [22]. Разработку этого месторождения планируется возобновить после того, как закончится промышленная добыча угля на руднике Баренцбург.

Рудник Пирамида прекратил добычу угля в 1998 году. Сохранилась почти вся инфраструктура рабочего поселка и морского порта. За время существования рудника в поселке было построено несколько жилых домов, гостиница, больница, детский сад, плавательный бассейн. По состоянию на 1998 год остаточные запасы угля составляли свыше 3 млн. тонн. В 1990 году в районе расположения рудника «Пирамида» было открыто нефтегазовое месторождение с прогнозными запасами газа до 4 млрд. куб. м и нефти – 25 млн.т (бухта Петунья). Возобновление промышленной добычи полезных ископаемых здесь не планируется. В дальнейшем планируется использовать объекты поселка для развития туризма.

Единственная действующая в настоящее время российская шахта находится в поселке Баренцбург. Современные промышленные запасы рудника Баренцбург составляют почти 2 млн. тонн. Уголь залегает на глубине около 700 м в два рабочих пласта (верхний и нижний) с полезной мощностью 0.6-1.4 м., расстояние между ними составляет 30 м. [23]. Ежегодная добыча угля месторождении составляет около 120 тыс. тонн. Добытый уголь в основном идет на обеспечение потребностей поселка и частично продается в страны Западной Европы.

Рудник Баренцбург обладает значительными техническими ресурсами: автопарком, швейным производством, ремонтными мастерскими, портовым комплексом с межнавигационным складом, имеется собственная вертолетная

площадка с базирующимися на ней вертолетами МИ-8. Рабочий поселок имеет развитую инфраструктуру, в нем находится больница, школа с детским садом, концертно-спортивный комплекс с плавательным бассейном, библиотека, краеведческий музей «Помор», церковь и консульство Российской Федерации на Шпицбергене.

В Баренцбурге действует уникальная система водоснабжения. Источником питьевой воды является ледниковое озеро Биенда-стеммев расположенное на противоположном берегу залива. По трубопроводу, проложенному по дну залива Гренфьорд, вода поступает в Баренцбург.

Несмотря на то, что добыча полезных ископаемых является крупнейшей отраслью экономики этого региона, стремительное развитие получают новые отрасли - туризм, а также высшее образование и научные исследования.

Согласно оценкам, в 2008 г. Шпицберген посетили более 70000 туристов. В 2007 году туризм принёс Норвегии доход в 291 млн. норвежских. крон и обеспечил работой в сфере услуг более 200 человек. В Лонгиере действует несколько гостиниц, ресторанов и баров. С каждым годом возрастает количество заходов на Шпицберген круизных лайнеров. Аэропорт пос. Лонгиер принимает международные рейсы, а также обслуживает регулярное воздушное сообщение с Свеагруве, Нью-Алесунном и Баренцбургом.

С каждым годом возрастает количество туристов, которые посещают поселок Баренцбург. В летнее время портовые комплекс принимает морские круизные лайнеры, а в зимнее время туристы приезжают в Баренцбург из Лонгиера на снегоходах.

В настоящее время Шпицберген постепенно превращается в крупный научный центр и полигон для изучения Арктики. Большинство научных исследований ведутся в Нью-Олесунне и Лонгиере. Кроме того, многочисленные научные работы выполняются на исследовательских судах в акваториях фьордов Шпицбергена.

В пос. Лонгиер действует университетский центр Шпицбергена UNIS (University Studies in Svalbard), в котором проходят обучение и стажировку

более 300 студентов со всего мира. На плато Бергет располагаются радиоастрономические телескопы Европейской геофизической научной ассоциации EISCAT, а также обсерватория, ведущая наблюдения за полярными сияниями КНО. В 2008 году рядом с Лонгиером построено под эгидой ООН «Всемирное семеновохранилище» для банка семян всех сельскохозяйственных растений, существующих в мире. Хранилище расположено в вечной мерзлоте на глубине 120 метров и позволяет сохранить банк растений при любой глобальной катастрофе. Несмотря на то, что поселок Нью-Алесунн все еще принадлежит горнорудной компании с 1967 года, на его территории действуют подразделения различных норвежских и международных научно-исследовательских организаций. Наиболее крупными объектами являются: обсерватория Норвежского Полярного института, полигон для запуска ракет по изучению верхних слоев атмосферы и ближнего космоса Норвежского Космического центра и геофизическая станция Немецкого Института Альфреда Вегенера.

В Баренцбурге также базируются несколько российских научных организаций - зональная гидрометеорологическая обсерватория (ЗГМО) «Баренцбург», филиал Полярной морской геологоразведочной экспедиции, филиал Кольского научного центра РАН. Ежегодно поселок посещают множество российских научных экспедиций, используя его в качестве базы для проведения исследовательских работ на архипелаге.

В дальнейшем, при сохранении добычи угля, планируется развитие Баренцбурга, как научного и туристического центра. В настоящее время активно ведутся работы по созданию в поселке обладающего современной инфраструктурой Российского Научного Центра на арх. Шпицберген (РНЦШ), на базе которого будет осуществляться широкий комплекс научных исследований природы Западной Арктики.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Характеристика информационного массива

В работе использованы данные, полученные Северо-Западным филиалом НПО «Тайфун» и другими организациями Росгидромета при реализации различных программ по мониторингу экологического состояния природной среды районов деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген; при выполнении хоздоговоров с трестом «Арктикуголь» на мониторинг экологической обстановки на лицензионных участках, материалы полученные при проведении совместных российско-норвежских экспедиций по обследованию мест загрязнений на территории архипелага Шпицберген.

За период проведения наблюдений за экологическим состоянием компонентов природной среды на арх. Шпицберген с 2002 по 2013 год 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, выполненные при отборе проб;
- метеорологические наблюдения, сопутствующие отбору проб;
- результаты химико-аналитических и других лабораторных исследований проб природной среды.

С 2002 года по 2013 год на арх. Шпицберген было выполнено 657 комплексных станций мониторинга природной среды из них: 294 наземных, 363 морских и пресноводных станций.

За весь период проведения работ для определения содержания загрязняющих веществ на точках геоэкологического мониторинга было отобрано:

- 726 проб речной, озерной и морской воды;
- 129 проб снежного покрова;



- 186 проб донных отложений;
- 386 проб почв;
- 192 пробы растительности;
- 177 проб атмосферного воздуха;
- 177 проб атмосферного аэрозоля.

Объем массива гидрохимических данных составляет 4132 записи, из них:

- 726 записей определения температуры речной, озерной и морской воды
- 1452 записи определения растворенного O<sub>2</sub> в речной, озерной и морской воде
- 502 записей определения электропроводности в морской воде;
- 726 записей определений pH в речной, озерной и морской воде;
- 726 записей определений Eh в речной, озерной и морской воде.

Массив данных метеопараметров содержит 4599 записей, из них:

- 1314 записей измерения направления и скорости ветра;
- 657 записей измерения температуры воздуха;
- 657 записей измерения атмосферного давления;
- 1971 запись определения количества и формы облачности, видимости.

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.

## 2.2 Методика обоснования территорий фонового и локального мониторинга в труднодоступной местности на архипелаге Шпицберген

Особенностью данного региона является его малонаселенность и незначительная промышленная активность, что позволило выделить участки для локального мониторинга, включающие в себя технологические объекты, и для фонового мониторинга, находящиеся на значительном удалении от возможных источников загрязнения.

Карта-схема района проведения исследований представлена на рис. 2.1

Для мониторинга загрязнения было выделено несколько районов 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.

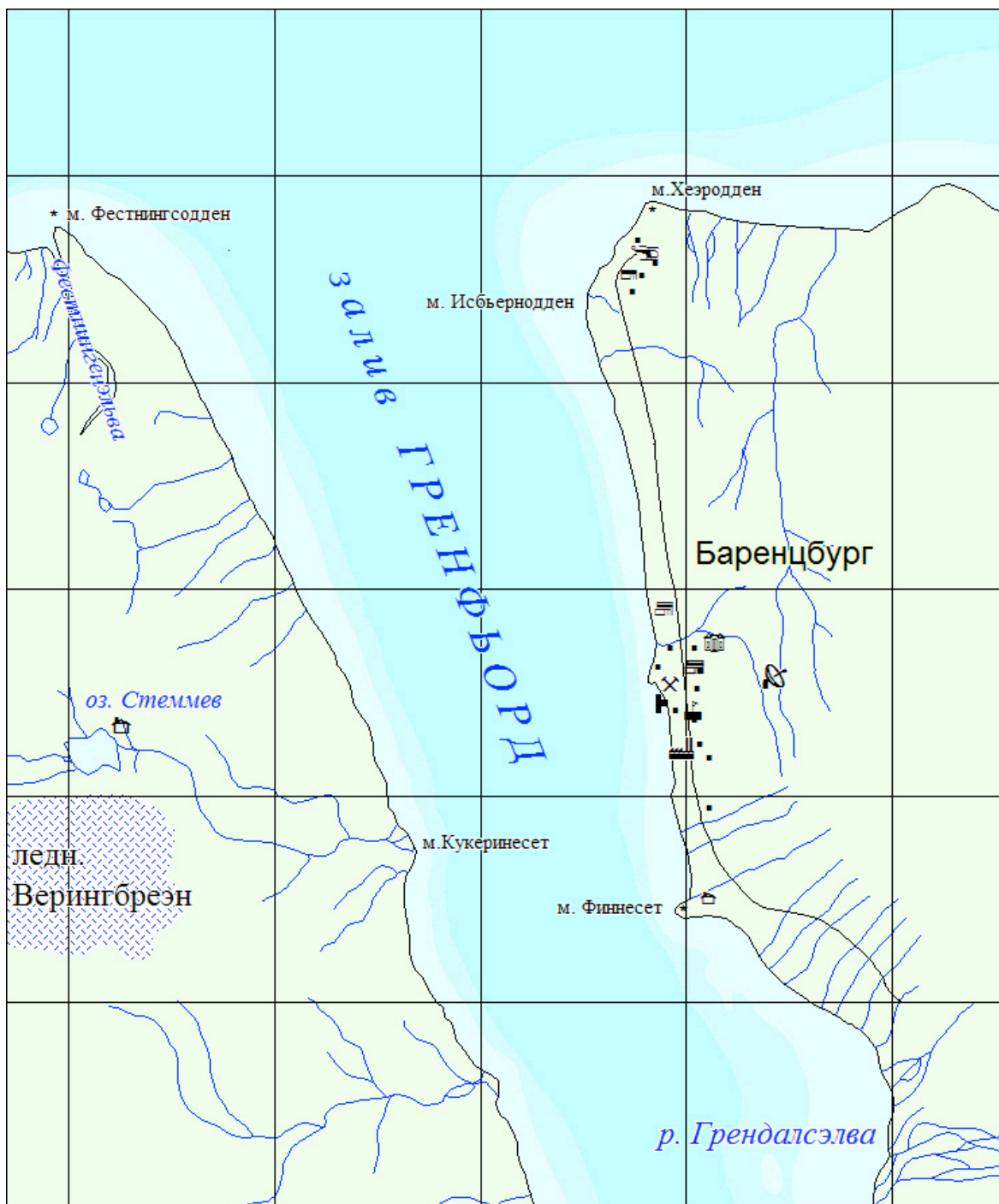


Рисунок 2.1 - Карта-схема района расположения угледобывающего рудника Баренцбург.

Для выбора территорий локального мониторинга, были использованы следующие признаки, наличие которых по индивидуальности или в совокупности, дает право отнести данную территорию к районам подверженным антропогенному воздействию:

- Наличие технологических объектов;
- Скопления мусора;
- Остатки сооружений и зданий;
- Искусственное изменение рельефа местности, в том числе следы автотранспорта и специализированной техники;
- Расположения отвалов горных пород, выходов шахт и вентиляционных колодцев.

На основе реконгнесцировочных исследований в 2002 году, с учетом вышеперечисленных признаков, было выделено четыре участка как районы локального мониторинга:

- Рудник и пос. Баренцбург (пробные площадки в южном и в северном районах поселка);
- окрестности пос. Баренцбург (площадки в районах свалки бытовых отходов, склада горношахтного оборудования и склада стройматериалов);
- район расположения вертолетной площадки;
- район расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ.

Выбор территорий фонового мониторинга в районе проведения исследований должен учитывать особенности самого архипелага Шпицберген:

1. Транспортная доступность. На архипелаге Шпицберген практически полностью отсутствует сеть дорог, за исключение небольших участков на территориях жилых поселков. Рельеф имеет сложный характер, чередование возвышенностей и речных долин, что затрудняет перемещение на значительные расстояния. Основным видом транспорта в летнее время является вертолет, в зимнее время появляется возможность передвигаться на снегоходе.

2. Преобладающие ветра. В районе рудника Баренцбурга наблюдается преобладание ветров, дующих вдоль залива Гренфьорд, согласно данным метеостанции ЗГМО «Баренцбург», летом преобладают ветра южных направлений, зимой – северо-восточных направлений. Таким образом, при выборе фоновых площадок, необходимо исключить возможность попадания ЗВ с ветровым переносом с территорий локального мониторинга.

3. Удаленность от моря. При изучении загрязнения почвенно-растительного покрова, помимо прочего, необходимо учитывать и удаленность пробной площадки от морского побережья, так как данный микроклиматический фактор существенно влияет на объем и частоту выпадающих атмосферных осадков, являющихся одним из важных факторов при формировании уровней загрязнения почвенно-растительного покрова (в первую очередь – мхов).

Таким образом, обоснование территорий фонового мониторинга должно происходить с учетом вышеперечисленных местных особенностей исследуемого региона и следующих условий:

- Отсутствие следов активной производственной деятельности;
- Неизменный рельеф и целостный почвенно-растительный покров;
- Идентичный почвенно-растительный состав исследуемых площадок.

В качестве районов фонового мониторинга были выделены участки, которые, в наибольшей степени, удовлетворяют представленным требованиям к территориям фонового мониторинга. Эти участки находятся 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 ЗВ. Имеют схожий почвенно-растительный покров.

Всего для фонового мониторинга выделено четыре участка:

- Район реки Грендалсэльва (площадки в долине и в дельте реки);
- Район озера Биенда-Стемме (долина озера на противоположном берегу залива Гренфьрд);
- Северо-восточные фоновые территории (площадки в долине Сахариассендален и на южном побережье залива Исфьорд);
- Территории, расположенные восточнее пос. Баренцбург.

## 2.3 Методы проведения полевых работ

Для получения информации о содержании загрязняющих веществ в объектах природной среды в районе расположения поселка Баренцбург и на сопредельной территории, включая акваторию залива Гренфьорд, выполнялись работы по экологическому мониторингу. Такая информация позволяет оценить влияние промышленной и хозяйственной деятельности на окружающую среду архипелага Шпицберген и разделять глобальные и локальные источники загрязнения.

Работы на точках мониторинга выполнялись: в зимне-весенний период (период наибольшего снегонакопления) и летне-осенний период (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, морских взвесей и донных отложений, вод, водных взвесей и донных отложений водоемов суши, почвенных вод, почв и растительного покрова.

Отбор проб атмосферного аэрозоля и воздуха выполнялся для определения содержания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном аэрозоле и легколетучих органических соединений (ЛОС) в атмосферном воздухе. Параллельно с отбором проб атмосферного воздуха и аэрозоля на этих же точках выполнялось определение газовых примесей:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

В заливе Гренфьорд отбирались пробы морской воды и донных отложений. Отбор проб морской воды производился с подповерхностного и придонного горизонтов. Точки отбора проб при локальном мониторинге располагались в местах вероятных источников загрязнения: в районе причалов и устьев ручьев, впадающих в залив. В центральной части залива Гренфьорд отбирались для получения данных о фоновом состоянии морской среды. Донные отложения отбирались в летне-осенний период работ из верхнего,

деятельного слоя толщиной 5 см с помощью дночерпателя с механическим захватом типа «Ван Вин». Отбор проб морской воды и донных отложений в зависимости от погодных условий проводился с маломерных плавательных средств или с борта морского судна.

В рамках мониторинга также выполнялось обследование водоемов суши, которое включало в себя отбор проб поверхностных вод и донных отложений из озера Биенда-стеммев, и из р. Грендалсэльва, расположенной к югу от поселка. Пробы воды отбирались с подповерхностного и придонного горизонтов.

Отбор проб морской и пресной воды с глубинных горизонтов, выполнялся с использованием батометров фирмы HydroBios (Германия) емкостью 5 и 10 л.

Работы по выполнению наблюдений за состоянием снежного покрова проводились в период наибольшего снегонакопления на всех наземных точках мониторинга. На каждой точке отбирались интегральные пробы от поверхности снежного покрова до его нижней границы.

В летне-осенний период на всех наземных фоновых точках производился отбор проб почв и растительности.

Отбор проб почв на определение содержания загрязняющих веществ и гранулометрического состава выполнялся послойно на пробных площадках 5х5 метров. На каждой площадке отбиралось по 2 пробы (из слоя 0-5 см и слоя 5-20 см). Объединенные пробы с каждого слоя просеивались через сито с ячейкой 1 мм для удаления камней и остатков растительности.

При обследовании районов в окрестностях Баренцбурга были выделены участки размером 50х50 метров с ненарушенным растительным покровом. На каждой площадке собирался гербарий, производились описания видового состава и структуры растительных сообществ. Для химико-аналитических исследований отбирались типичные представители мхов, лишайников и трав.

Образцы почв и снега в местах расположения отвалов горных пород отбирались у их подножия, а в местах расположения свалок бытовых отходов - на границе территории, занятой мусором.

В случаях выявления участков с визуальными признаками загрязнения (следы нефтепродуктов, скопления мусора) отбирались дополнительные пробы для определения содержания загрязняющих веществ.

Все работы сопровождались сопутствующими метеорологическими наблюдения, включающими измерение скорости и направления ветра, атмосферного давления, температуры воздуха, видимости, количества и формы облачности, наличия и количества осадков. Дополнительно на морских и водных станциях выполнялись визуальные наблюдения за состоянием водной поверхности, наличием пленок, пены и скоплений плавающего мусора.

#### 2.4 Химико-аналитические исследования отобранных образцов и проб

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.

Кроме того, за весьма долгий период наблюдений происходила как модернизация применяемых полевых и лабораторных средств измерения, так и внедрение в практику работы лаборатории новых методов анализа и актуализации новых нормативных документов на методы выполнения измерений. Так, измерения газовых микрокомпонентов атмосферного воздуха проводились изначально с применением индикаторных трубок, однако из-за недостаточной чувствительности этого метода, измерения в последующие годы



выполнялись с применением поглотительных трубок с пленочным сорбентом и электрохимических датчиков в составе газоанализаторов или специальных датчиков метеометров. При выполнении ряда измерений, например определении ТМ, ПАУ, ХОС, а также ряда гидрохимических показателей, менялись средства измерения без изменения принципов метода анализа, методики концентрирования и очистки проб.

#### *Атмосферный воздух.*

1. Пробы воздуха на содержание сероводорода, оксида углерода, озона, диоксида серы, диоксида азота анализировали с применением специализированных индикаторных трубок в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.014-84. Значение концентраций газовых примесей определяли по длине отрезка индикаторной трубки, изменившего свой цвет. Определения этих показателей выполняли также методом сорбции на пленочный сорбент согласно требованиям документа РД 52.04.186-89, а также прямыми измерениями газоанализатором ГАНК-4а и метеометром МЭС-200А с электрохимическими датчиками в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

2. Определение пыли в воздухе проводилось гравиметрическим методом путем улавливания взвешенных аэрозольных частиц фильтрами ФПП-15-1.5 или АФА-ХП(ВП)-160 при аспирации через них воздуха, высушивании в эксикаторе до постоянной массы и взвешивании на аналитических весах. Определение проводилось в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89.

3. Определение аммиака в воздухе проводилось фотометрическим методом, основанном на измерении оптического поглощения комплекса, образующегося при взаимодействии аммонийных солей и аммиака со щелочным раствором тетраиодмеркуриата калия (реактивом Несслера). Определение проводилось в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89.

4. Определение фенола в воздухе проводилось по методу, основанному на улавливании его из воздуха пленочным хемосорбентом и фотометрическом определении по соединению, образующемуся в результате взаимодействия фенола с 4-аминоантипирином и железосинеродистым калием. Определение проводилось в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89.

5. Определение формальдегида в воздухе проводилось по методу, основанному на улавливании формальдегида в барботер с ацетилацетоном в среде уксуснокислого аммония и фотометрическом определении образующегося соединения, окрашенного в желтый цвет. Определение проводилось в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89.

6. Определение содержания летучих ароматических углеводородов выполнялось методом пассивной сорбции на патронах с активированным углем и газожидкостной капиллярной хроматографии термически десорбированных ЛАУ с пламенно-ионизационным детектированием. Подготовка проб к анализу заключалась в термодесорбции навески угля в токе аргона. Для проведения количественного анализа в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89 (аналогичен US EPA-8020A) использовались хроматографы «Кристаллюкс-4000» и «Кристалл-2000М» с пламенно-ионизационным детектором.

7. Определение полициклических ароматических углеводородов выполнялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием жидкостных хроматографов HP1090L, HP1050, Shimadzu LC-20A и «Стайер-градиент» с диодно-матричным, спектральным и флуоресцентным детектированием в УФ – области согласно документу РД 52.04.186-89 (аналогичен US EPA 8310a). Гексановый экстракт аэрозольных фильтров упаривался, очищался методом колоночной хроматографии и концентрировался упариванием в роторном испарителе и микровиалах.

8. Определение хлорорганических соединений выполнялось методом капиллярной газожидкостной хроматографии с использованием хроматографов

FISONS HGGC «Mega-2» и «Кристалл 2000М» с электронно-захватным детектором (ECD) и хромато-масс-спектрометра FISONS GC8000 с масс-селективным детектором MD800 в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89 (аналогичен US EPA 8080A). Фильтры с собранными атмосферными аэрозолями экстрагировали гексаном на ультразвуковой бане и упаривались. Экстракт очищался методом колоночной хроматографии и концентрировался упариванием в роторном испарителе и микровиалах.

9. Определение содержания тяжелых металлов выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями приведенных выше нормативных документов. Подготовка проб выполнялась в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89 (аналогичен US EPA-200), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и Зеемановским корректором фона.

10. Определение содержания ртути (Hg) выполнялось методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии «холодного пара» в соответствии с требованиями документа РД 52.04.186-89 (аналогичен US EPA-7471A). Фильтры с пробами атмосферных аэрозолей растворялись в азотной кислоте, для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с зеемановским корректором фона и приставкой «холодного пара» ГРГ-106 с накоплением в ячейке на поверхности палладия.

#### *Поверхностные и морские воды*

1. Определение водородного показателя pH в воде производилось методом потенциометрии. Для проведения измерения использовался универсальный pH-метр-иономер И-500 в соответствии с требованиями документа РД 52.24.495-2005, (аналогичен US EPA 0150.1).

2. Определение окислительно-восстановительного потенциала (Eh) производилось потенциометрическим методом. Для проведения измерения использовался универсальный pH-метр-иономер И-500 в соответствии с требованиями документа US EPA 0150.1.

3. Измерение электропроводности воды производилось методом кондуктометрии. Для проведения измерения в соответствии с требованиями документа РД 52.24.495-2005 (аналогичен US EPA 0120.1) использовался лабораторный кондуктометр HI-9932.

4. Определение общей щелочности производилось титриметрическим методом. Для проведения измерения использовался автитратор АТП-02 в соответствии с требованиями документа РД 52.24.493-2006 (аналогичен US EPA 0310.1).

5. Содержание растворенного кислорода определялось титриметрическим методом в соответствии с требованиями документа РД 52.24.419-2005 (аналогичен US EPA 0360.2) по количественной реакции иода, выделившегося при фиксации кислорода, с тиосульфатом натрия (модифицированный титриметрический метод Винклера).

6. Определение химического потребления кислорода (ХПК) выполнялось методом потенциометрического окисления в соответствии с требованиями документа РД 52.24.421-2007 (аналогичен US EPA-0401.2. Для выполнения анализа использовался автоматизированный измеритель ХПК «Модель III-05».

7. Определение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) выполнялось в соответствии с требованиями документа РД 52.24.420-2005 (аналогичен US EPA-0405.1) после пятидневной выдержки в термостате при температуре 20 С насыщенной воздухом пробы. Для выполнения процедуры анализа использовался модифицированный титриметрический метод Винклера в соответствии с требованиями документа РД 52.24.419-2005 (аналогичен US EPA-0360.2).

8. Определение сульфидов и сероводорода в воде производилось титриметрическим методом в соответствии с требованиями документа РД 52.24.450-2010 (аналогичен US EPA 0376.1).

9. Определение нитритного азота (NO<sub>2</sub>-) в воде производилось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа РД

52.24.381-2006 (аналогичен US EPA 0354.1) Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

10. Определение нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) выполнялось колориметрическим методом с восстановлением на кадмиевой колонке в соответствии с требованиями документа ПНД Ф 14.1:2.4-95 (аналогичен US EPA 0353.2). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

11. Определение аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) выполнялось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа US EPA 0350.1 с выполнением измерений на спектрофотометр «Cary-100 Varian», и методом ионной хроматографии в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01738 с использованием ионного хроматографа «Стайер».

12. Определение содержания общего азота ( $\text{N}_{\text{tot}}$ ) выполнялось колориметрическим методом после минерализации всех форм азота до сульфата аммония и дистилляционного выделения аммиака в соответствии с требованиями документа ИСО 11261. Для измерения использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

13. Определение фосфатного фосфора ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) выполнялось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа РД 52.24.382-2006 (аналогичен US EPA-0300). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

14. Определение содержания общего фосфора выполнялось колориметрическим методом с предварительным окислением пробы воды кипячением с персульфатом калия в соответствии с требованиями документа РД 52.24.387-2006 (аналогичен US EPA-0365.2). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

15. Определение содержания кремнекислоты выполнялось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа ПНД Ф 14.1:2.4.215-06 (аналогичен US EPA-0370.1). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

16. Определение концентрации взвешенных частиц выполнялось в соответствии с требованиями документа РД 52.24.468-2005 (аналогичен US EPA-0160.2) методом фильтрации пробы через предварительно взвешенные, специально изготовленные мембранные фильтры с последующей сушкой в сушильном шкафу при 110° С в течение 3 часов и последующего взвешивания на аналитических весах.

17. Количественное определение СПАВ выполнялось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа ПНД Ф 14.1:2.15-95 (аналогичен ИСО 7875). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

18. Определение содержания фенолов выполнялось методом газожидкостной капиллярной хроматографии с масс-спектрометрическим и пламенно-ионизационным детектированием. Для проведения количественного анализа в соответствии с требованиями документа US EPA-8270C использовался хроматограф GC8060 с масс-спектрометром MD800 Fisons Instruments. Кроме того это определение проводилось в соответствии с «Методикой выполнения измерений массовой концентрации фенола в водных вытяжках» (Свид. 140/2009) хроматографическим методом с использованием жидкостного хроматографов «Shimadzu LC20» и «Стайер-градиент». Извлечение фенолов производилось методом твердофазной экстракции проб воды объемом 1 л на патронах Диапак Р, смывание экстракта с патронов 1 мл ацетонитрила и анализ смыва на жидкостном хроматографе.

19. Определение общего содержания нефтяных углеводородов выполнялось методом бездисперсионной ИК-спектрометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.476-2007 (аналогичен US EPA 3510C – извлечение, и US EPA1664 - измерение). Подготовка проб к анализу заключалась в экстракции образцов воды четыреххлористым углеродом с последующей очисткой экстрактов методом колоночной хроматографии на оксиде алюминия. Для проведения количественного анализа использовались бездисперсионные ИК-спектрометры КН-3 и АН-2.

20. Определение летучих ароматических углеводородов выполнялось методом газожидкостной капиллярной хроматографии насыщенного пара (Head Space) при температуре 50 С с пламенно-ионизационным детектированием. Процедура подготовки проб выполнялась в соответствии с требованиями документа РД 52.24.473-95 (аналогичен US EPA8020 и US EPA3810), для проведения количественного анализа использовались хроматографы «Кристаллюкс-4000» и «Кристалл-2000М» с пламенно-ионизационным детектором.

21. Определение неполярных алифатических углеводородов производилось методом капиллярной газовой хроматографии концентрированного экстракта в ЧХУ с детектированием по ионизации пламени (ДИП) на газовых хроматографах «Кристаллюкс-4000» и «Кристалл-2000М» с кварцевой капиллярной колонкой длиной 25 м внутренним диаметром 0.2 мм иммобилизованной жидкой фазой OV-101 и гелием высокой чистоты в качестве газа-носителя.

22. Определение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) выполнялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа HP1090L с диодно-матричным и программируемым флуоресцентным детектированием в УФ – области согласно требованиям документа ПНДФ 14.2:4.70-96 (аналогичен US EPA 8310a). Пробы экстрагировались гексаном, экстракты очищались методом колоночной хроматографии и концентрировались упариванием в роторном испарителе и микровиалах.

23. Определение хлорорганических соединений выполнялось методом капиллярной газожидкостной хроматографии с использованием хроматографов FISIONS HGGC «Mega-2» и «Кристалл-2000М» с электронно-захватным детектором (ECD) в соответствии с требованиями РД 52.24.412-2009 и хромато-масс-спектрометра FISIONS GC8000 с масс-селективным детектором MD800 в соответствии с требованиями документа US EPA 8080A. Пробы экстрагировались гексаном, экстракты очищались методом колоночной

хроматографии и концентрировались упариванием в роторном испарителе и микровиалах.

24. Определение содержания мышьяка (As) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 (аналогичен US EPA-7060A), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

25. Определение содержания кадмия (Cd) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.377-2008 (аналогичен US EPA-7131A), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

26. Определение содержания хрома (Cr) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.377-2008 (аналогичен US EPA-7191), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

27. Определение содержания никеля (Ni) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.377-2008 (аналогичен US EPA-7521), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

28. Определение содержания меди (Cu) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.377-2008 (аналогичен US EPA-7211), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

29. Определение содержания свинца (Pb) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.377-2008 (аналогичен US EPA-7421), для проведения



количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

30. Определение содержания цинка (Zn) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в соответствии с требованиями документа РД 52.24.377-2008 (аналогичен US EPA-7951), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

31. Определение содержания ртути (Hg) выполнялось методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии «холодного пара» в соответствии с требованиями документа РД 52.24.479-95 (аналогичен US EPA-7471A), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с зеемановским корректором фона и приставкой «холодного пара» ГРГ-106 с накоплением в графитовой ячейке на поверхности палладия.

#### *Снежный покров.*

1. Определение содержания нитритного азота, нитратного азота, аммонийного азота в пробах снежного покрова, взвешенных частиц, суммарных нефтяных углеводородов, тяжелых металлов, хлорорганических соединений и полициклических ароматических углеводородов в пробах снежного и ледяного покрова выполнялось аналогично их определению в пробах воды согласно требованиям соответствующих методических документов.

2. Определение хлоридов в снежном покрове производилось методом ионной хроматографии. Для проведения измерения использовался ионный хроматограф «Стайер» в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01724 (аналогичен US EPA 0300).

3. Определение сульфатов в снежном покрове производилось методом ионной хроматографии. Для проведения измерения использовался ионный хроматограф «Стайер» в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01724 (аналогичен US EPA 0300).

4. Определение натрия в снежном покрове производилось методом ионной хроматографии. Для проведения измерения использовался ионный хроматограф «Стайер» в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01738.

5. Определение калия в снежном покрове производилось методом ионной хроматографии. Для проведения измерения использовался ионный хроматограф «Стайер» в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01738.

6. Определение кальция в снежном покрове производилось методом ионной хроматографии. Для проведения измерения использовался ионный хроматограф «Стайер» в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01738.

7. Определение магния в снежном покрове производилось методом ионной хроматографии. Для проведения измерения использовался ионный хроматограф «Стайер» в соответствии с требованиями документа ФР 1.31.2005.01738.

*Почвы и донные отложения.*

1. Определение нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) выполнялось колориметрическим методом с восстановлением на кадмиевой колонке в соответствии с требованиями документа ГОСТ 26488-85 (аналогичен US EPA 0353.2). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

2. Определение нитритного азота ( $\text{NO}_2^-$ ) определяется колориметрическим методом по поглощению при длине волны 540 нм азокрасителя, образующегося при взаимодействии сульфаниловой кислоты и 1-нафтиламина с нитрит-ионами в соответствии с требованиями документа ГОСТ 26488-85 (аналогичен US EPA 0354.1). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

3. Определение аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) определяется колориметрическим методом по поглощению при длине волны 625 нм индофенола, образующегося при взаимодействии ионов аммония с

гипохлоритом натрия и фенолом в присутствии нитропруссид натрия в соответствии с требованиями документа US EPA 0350.1. Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

4. Определение содержания общего азота ( $N_{tot}$ ) выполнялось колориметрическим методом после минерализации всех форм азота до сульфата аммония и дистилляционного выделения аммиака в соответствии с требованиями документа ГОСТ 26107-84 (аналогичен ИСО 11261). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

5. Определение содержания общего фосфора ( $P_{tot}$ ) выполнялось колориметрическим методом после выщелачивания грунта бикарбонатным экстрагентом при  $pH=8.5$  и образования сульфомолибденового комплекса в соответствии с требованиями документа ГОСТ 26261-84 (аналогичен ИСО 11263). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

6. Определение подвижного фосфора ( $PO_4^{3-}$ ) выполнялось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа ГОСТ 26207-91 (аналогичен US EPA-0365.2). Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

7. Определение содержания влаги выполнялось гравиметрическим методом, в соответствии с требованиями документа ГОСТ 28268-89 (аналогичен ИСО 11465). Содержание влаги вычислялось как разность массы навески грунта естественной влажности и массы той же навески грунта, доведенной до постоянного веса при 105 С. Пересчет содержания влаги в единицы процентов выполнялся путем деления массы влаги в пробе на массу сухой пробы.

8. Количественное определение СПАВ выполнялось колориметрическим методом в соответствии с требованиями документа ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.66-2010 (аналогичен ИСО 7875). Пробы грунта, высушенные при

105С до постоянной массы, растирали в фарфоровой ступке до состояния пудры, навеску 1 г экстрагировали 25 мл 70% - ного кипящего этанола. Для выполнения анализа использовались спектрофотометры «Cary-100 Varian», СФ-103 и СФ-104.

9. Определение общего содержания нефтяных углеводородов выполнялось методом бездисперсионной ИК-спектроскопии в соответствии с требованиями документа РД 52.18.575-96 (аналогичен US EPA 3550С – экстракция и US EPA 1664 - измерение). Подготовка проб к анализу заключалась в ультразвуковой экстракции образцов грунта четыреххлористым углеродом с последующей очисткой экстрактов методом фронтальной колоночной хроматографии на оксиде алюминия. Для проведения количественного анализа использовались бездисперсионные ИК-спектрометры АН-1, АН-2, КН-3.

10. Определение индивидуальных летучих ароматических углеводородов выполнялось методом газожидкостной капиллярной хроматографии насыщенного пара (Head Space) с пламенно-ионизационным детектированием. Подготовка проб к анализу заключалась в приготовлении суспензии грунта в воде (1:4) и выполнении процедур в соответствии с требованиями документа РД 52.24.473-95 (аналогичен US EPA-3810), для проведения количественного анализа использовались хроматографы «Кристаллюкс-4000» и «Кристалл-2000М» с пламенно-ионизационным детектором.

11. Определение неполярных алифатических углеводородов производилось методом капиллярной газовой хроматографии экстракта с детектированием по ионизации пламени (ДИП) на газовом хроматографах «Кристаллюкс-4000» и «Кристалл-2000М» с кварцевой капиллярной колонкой длиной 25 м внутренним диаметром 0.2 мм, иммобилизованной жидкой фазой OV-101 и гелием высокой чистоты в качестве газа-носителя.

12. Определение содержания фенолов выполнялось методом газожидкостной капиллярной хроматографии с пламенно-ионизационным

детектированием в соответствии с требованиями документа РД 52.10.556-95. Подготовка проб к анализу заключалась в экстракции подкисленного грунта и выполнении прочих процедур с последующей очисткой и упариванием экстракта. Для проведения количественного анализа использовался хроматограф «Кристаллюкс-4000».

13. Определение полициклических ароматических углеводородов выполнялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием жидкостных хроматографов HP1090L, HP1050, Shimadzu LC-20A и «Стайер-градиент» с диодно-матричным и флуоресцентным детектированием в УФ-области согласно требованиям документа ФР. 1.31.2004.01279 (аналогичен US EPA 8310a). Пробы донных отложений высушивали в вакуумном лиофилизаторе, измельчали в истирателе, экстрагировали на ультразвуковом диспергаторе метанолом и гексаном, экстракты очищали методом колоночной хроматографии и концентрировали упариванием в роторном испарителе и микровиалах.

14. Определение хлорорганических соединений выполнялось методом капиллярной газожидкостной хроматографии с использованием хроматографов FISIONS HGGC «Mega-2» и «Кристалл 2000M» с электронно-захватным детектором (ECD) и хромато-масс-спектрометра FISIONS GC8000 с масс-селективным детектором MD800 в соответствии с требованиями документа РД 52.18.180-2001 (аналогичен US EPA 8080A). Пробы донных отложений высушивались в вакуумном лиофилизаторе, измельчались в истирателе, экстрагировались на ультразвуковом диспергаторе ацетоном и гексаном, экстракты очищались методом колоночной хроматографии и концентрировались упариванием в роторном испарителе и микровиалах.

15. Определение содержания олова (Sn) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-0282.2), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

16. Определение содержания кобальта (Co) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7201), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

17. Определение содержания железа (Fe) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7381), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

18. Определение содержания марганца (Mn) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7461), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

19. Определение содержания мышьяка (As) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.571-96 (аналогичен US EPA-7060A), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

20. Определение содержания кадмия (Cd) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7131A) для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

21. Определение содержания хрома (Cr) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7191), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

22. Определение содержания никеля (Ni) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7521), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

23. Определение содержания меди (Cu) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7211), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

24. Определение содержания свинца (Pb) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.685-2006 (аналогичен US EPA-7421), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с электротермической атомизацией и зеемановским корректором фона.

25. Определение содержания цинка (Zn) выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа РД 52.18.191-89 (аналогичен US EPA-7951), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант-АФА с пламенной атомизацией и дейтериевым корректором фона.

26. Определение содержания ртути (Hg) выполнялось методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии «холодного пара» кислотной вытяжки грунта в соответствии с требованиями документа ПНД Ф

16.1:2.3:3.10-98 (аналогичен US EPA-7471A), для проведения количественного анализа использовался спектрофотометр Квант Z-ЭТА с зеемановским корректором фона и приставкой «холодного пара» ГРГ-106 с накоплением в ячейке на поверхности палладия.

*Наземная растительность.*

Определение содержания тяжелых металлов, хлорорганических соединений и полициклических ароматических углеводородов в растительности выполнялось аналогично их определению в почвах согласно требованиям соответствующих методических документов. Кислотно-окислительное вскрытие образцов растительности для определения тяжелых металлов выполнялось в соответствии с требованиями документа МУК 4.1.985-00 (аналогичен US EPA 3051C) в микроволновом дезинтеграторе «Минотавр1».



## ГЛАВА 3. УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В КОМПОНЕНТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РУДНИКА БАРЕНЦБУРГ

### 3.1 Атмосферный воздух и аэрозоль

Основными веществами, загрязняющими атмосферу в районе добычи, переработки или иного использования каменного угля, являются диоксид серы, оксиды углерода и азота, сероводород, некоторые виды полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), летучие ароматические углеводороды (ЛАУ) и тяжелые металлы (ТМ). Исследования атмосферного воздуха в период 2002-2013 г.г. выполнялось на 4 точках фонового полигона и 4 точках локального полигона. Всего за этот период было проанализировано 177 проб атмосферного воздуха и аэрозоля. 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). Всего пробы атмосферного аэрозоля и воздуха анализировались на содержание 79-ти показателей.

По материалам многолетних наблюдений, выполненных в весенний и летне-осенний период 2002-2013 годов, были получены представительные материалы, отражающие многолетнюю и сезонную изменчивость показателей состояния приземного слоя атмосферы. Для оценки этой изменчивости были использованы материалы наблюдений, проведенных на территории Баренцбурга - в районе ЗГМО; севернее поселка - в районе вертолетной площадки; на противоположной от поселка стороне залива Гренфьорд - в районе оз. Биенда-Стемме; южнее поселка - в устье р. Грендалсэльва и в районе мыса Дресельхус - к северо-востоку от поселка.

Для удобства анализа и представления информации в графической и табличной форме значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном аэрозоле и воздухе за многолетний период, полученные на сети локального и фоновоего мониторинга, усреднены по следующим районам: №1 – сеть точек локального мониторинга, включающая в себя наблюдения, проводимые на территории поселка; №2 – сеть точек фоновоего мониторинга, располагающаяся за пределами поселка; №3 – точка пробоотбора, расположенная на вертолетной площадке.

### 3.1.1 Атмосферный воздух

Основными показателями качества атмосферного воздуха являются концентрации взвешенных веществ, соединений азота, соединений серы и оксидов углерода. Отметим, что существенного содержания в атмосферном воздухе поселка и окрестностей сероводорода и летучих органических соединений за весь период проведения наблюдений не обнаружено. Рассмотрим последовательно указанные выше показатели.

#### *Взвешенные вещества.*

В атмосфере всегда присутствуют взвешенные твердые и жидкие частицы как природного (морская соль, продукты пыления почв, вулканической деятельности), так и техногенного происхождения (продукты различных производственных процессов, сгорания топлива и пр.). На территории пос. Баренцбург расположены производственные объекты ФГУП ГТ «Арктикуголь», включающие помимо шахты, также площадки складирования добытого угля, расположенные вблизи от причалов, район отвалов горной породы, расположенный в окрестностях поселка, склады стройматериалов, значительный автопарк. Кроме того, в поселке располагается ТЭЦ и находится целый ряд жилых и производственных помещений других организаций. Весь этот производственный комплекс обеспечивает поступление значительного количества взвешенных веществ в атмосферу.

Отдельно следует рассматривать наблюдения за атмосферным воздухом, выполненные на территории вертолетной площадки, расположенной на удалении более 5 км от поселка к северу. На площадке базируются нескольких вертолетов, и имеется целый ряд производственных помещений (база ГСМ, котельная, ремонтные помещения и др.), обеспечивающих работу местного авиаподразделения. Функционирование этого комплекса оказывает воздействие на качество атмосферного воздуха, как в районе площадки, так и на некотором удалении от него.

На территории фонового полигона станции наблюдения располагаются на значительном удалении от поселка и состоят из точек пробоотбора, расположенных на западе (оз. Биенда-Стемме), юге (устье р. Грендалсэльва) и северо-востоке (мыс. Дресельхус) от поселка Баренцбург. В этих точках поступление взвешенных веществ в атмосферу происходит за счет пыли с обнаженных от растительности участков почвы и переноса веществ воздушными потоками в первую очередь из Баренцбурга.

Для проведения дальнейшего анализа и оценок можно использовать осредненные по районам мониторинга характеристики атмосферного воздуха и аэрозолей (табл. 3.1).

По результатам многолетних измерений проведенных на полной сети точек пробоотбора локального и фонового полигона выявлено, что средняя концентрация взвешенных веществ в поселке превышает в 1.7 раза концентрацию взвешенных веществ в воздухе фонового полигона. Весной среднемноголетняя концентрация взвешенных веществ значительно ниже (в 1.6-1.8 раза) по сравнению с летне-осенними значениями, полученными на фоновом и локальном полигонах соответственно, что является характерным для арктических районов, где запыленность атмосферы в зимне-весенний период значительно снижается.

Оценивая многолетнюю изменчивость запыленности атмосферы в районе Баренцбурга, можно выделить два периода резкого роста концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе (рис. 3.1).

Таблица 3.1 - Среднемноголетнее содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе пос. Баренцбург и его на сети локального и фонового мониторинга в период 2002-2013 г.г. и осредненное по выделенным районам.

Район отбора проб	Концентрация, мкг/м <sup>3</sup>		Район осреднения	Концентрация, мкг/м <sup>3</sup>	
	весна	осень		весна	осень
Район ЗГМО	14.7	24.6	Локальный полигон (поселок)	11.3	23.6
Район консульства	9.7	22.9			
Свалка бытовых отходов	9.6	23.4			
Река Грендалсэльвас	6.4	16.2	Фоновый полигон	6.8	14.4
Оз. Биенда-Стемме	5.8	13.0			
Мыс Дрессельхус	8.3	14.1			
Вертолетная площадка	12.0	14.9	Вертолетная площадка	12.0	14.9

Причиной первого случая повышения запыленности, зафиксированного в 2007 году, явилось тление отвалов горной породы, находившихся к югу от поселка. Наиболее значительный рост концентрации пыли в 2007 г. отмечен в воздухе поселка - в 1.7 раза выше по сравнению с 2006 годом. Воздействие тлеющих отвалов привело к росту концентрации пыли в воздухе в районе устья реки Грендалсэльва (в 1.6 раза по сравнению с 2006 г.) и в 1.2 раза в воздухе фоновой точки расположенной в районе м. Дресельхуз, к северо-востоку от поселка. В районе оз. Биенда-Стемме содержание пыли не претерпело изменений, что, вероятно, связано с локальными особенностями циркуляции воздушных потоков районе залива Гренфьорд.

В связи с проводимыми мероприятиями по локализации и тушению горящих отвалов горной породы, запыленность воздуха в поселке и его

окрестностях значительно понизилась и достигла значений близких к  $10 \text{ мкг/м}^3$ , зафиксированных на всех точках мониторинга в 2009 году.

Второй случай осенью 2010 г., когда было отмечено значительное повышение запыленности атмосферного воздуха в районе поселка и устья р. Грендсельва, при незначительном росте концентрации пыли в атмосфере, зафиксированном в других точках фонового полигона (оз. Биенда-Стемме и мыс Дресельхус). В это время начались работы по рекультивации отвалов породы и свалок мусора, а также мероприятия по реконструкции поселка. При этом в 2010 году очень часто фиксировались случаи сжигания бытовых отходов и строительного мусора. Это создавало дополнительную запыленность атмосферы в самом поселке и в точке фонового полигона, расположенной южнее поселка (устье р. Грендалсэльва), где зафиксировано максимальное для фоновых точек содержание пыли в атмосфере за период наблюдений (до  $38.3 \text{ мкг/м}^3$ ).

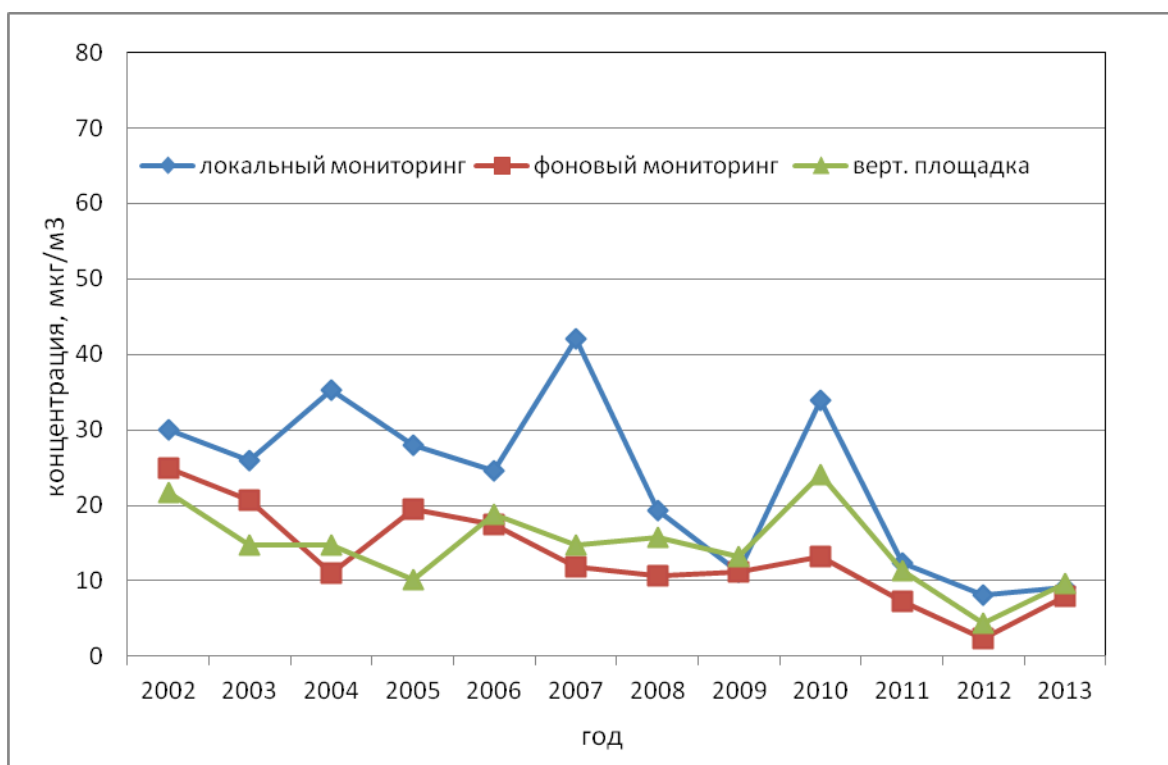


Рисунок 3.1 - Многолетняя изменчивость концентрации пыли в воздухе поселка, р. Грендалсэльва, оз. Биенда-Стемме, мыса Дресельхуз.

### *Оксид углерода*

В районе Баренцбурга основными источниками поступления окиси углерода в атмосферу являются ТЭЦ, автотранспорт и регулярно горящие отвалы горных пород, складированные на окраине поселка. Дополнительные поступления создают эпизодически возникающие в шахте подземные пожары.

Содержание оксида углерода в атмосфере района характеризуется более высокими концентрациями в летне-осенний период по сравнению с зимне-весенними значениями (летом концентрации в 1.5-2 раза выше как в атмосфере поселка, так и в фоновых районах). При этом загрязненность оксидом углерода атмосферного воздуха в поселке значительно выше, чем в фоновом районе (в 1.6 раза).

Таблица 3.2 - Изменчивость среднегоголетнего содержания оксида углерода, диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе пос. Баренцбург и его окрестностей, мкг/м<sup>3</sup>.

Район отбора	Оксид углерода		Диоксид серы		Диоксид азота	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
локальный полигон	143	256	3.1	6,4	4,1	5.2
фоновый территории	89	166	1.9	4.1	3.1	3.5
район вертолетной площадки	116	153	2.3	3.5	4.0	4.1

Многолетняя изменчивость концентрации оксида в атмосфере поселка характеризуется максимальным уровнем, отмеченным в 2002 году (442 мкг/м<sup>3</sup>). В дальнейшем концентрация плавно снижалась вплоть до 2007 г., когда вследствие возникшего активного горения отвалов пустой породы содержание углерода повысилось в 1.4 раза по сравнению с 2006 годом и достигло 406 мкг/м<sup>3</sup>. Начиная с 2008 г., в связи с реконструкцией ТЭЦ и рекультивацией отвала, содержание оксида углерода уменьшилось до значений характерных для естественного фона. В 2010г. концентрации вновь существенно повысились, что вызвано, как отмечалось выше, сжиганием бытового мусора.

Содержание оксида углерода в фоновых точках, расположенных в окрестностях поселка, за весь период наблюдений примерно в 1.5 раз ниже, чем в точках, расположенных в самом поселке и соответствует его естественному содержанию в атмосфере. Рост концентрации оксида углерода, отмеченный в 2007 г. на фоновом полигоне и в 2010 г., также связан со сжиганием мусора и горением отвалов. Наибольшее воздействие этих факторов отмечено в районе р. Грендалсэлта, расположенном недалеко от горящих отвалов.

### *Диоксид серы*

На архипелаге Шпицберген в районе п. Баренцбург среднесуточное содержание диоксида серы в атмосферном воздухе на рассматриваемой территории в летне-осенний период изменяется от 1,9 мкг/м<sup>3</sup> (фоновый полигон) до 3,1 мкг/м<sup>3</sup> (поселок), в зимне-весенний период, соответственно, от 4,1 до 6,4 мкг/м<sup>3</sup> (табл. 3.2). Сезонная изменчивость характеризуется более высоким уровнем содержания диоксида серы в осенний период на всей обследованной территории, включая фоновые точки.

Межгодовая изменчивость концентрации диоксида серы в летне-осенний период в воздухе Баренцбурга имеет плавный волнообразный характер, изменяясь в диапазоне от 2.0 до 5.0 мкг/м<sup>3</sup> в период с 2002 по 2009 годы. При этом отмечается повышенный уровень содержания диоксида серы в атмосферном воздухе поселка по сравнению с фоновыми точками. В 2010 году осенью зафиксирован резкий рост концентрации диоксида серы в воздухе в районе поселка (до 0.24 ПДК) и на фоновом полигоне, в районе устья р. Грендалсэльва (до 0.6 среднесуточной ПДК). Это, видимо, обусловлено интенсивным поступлением продуктов горения в атмосферу с отвала горных пород и бытовой свалки, которое имело место в период проведения на сети точек мониторинга.

В целом содержание диоксида серы в атмосферном воздухе рассматриваемого района не является критическим и составляет десятые доли среднесуточной ПДК.

### *Диоксид азота*

Основным антропогенным источником появления диоксида азота в воздухе являются процессы горения при температуре выше 1000°C (автотранспорт, сварка, дизельные генераторы и т.д.). Фоновые концентрации в атмосфере изменяются в пределах 0.4-9.4 мкг/м<sup>3</sup>. Типичное содержание диоксида азота в воздухе городов — 20-90 мкг/м<sup>3</sup> (среднегодовые концентрации); часовые концентрации могут достигать 240-850 мкг/м<sup>3</sup>. Очень



высокие концентрации могут отмечаться вблизи заводов, производящих азотную кислоту, взрывчатые вещества, и вблизи теплоэлектростанций [24,25].

Оксиды азота занимают второе место после диоксида серы по вкладу в увеличение кислотности осадков. Они могут вызывать атмосферные эффекты, приводящие к ухудшению видимости, и играют важную роль в образовании фотохимического смога.

В Баренцбурге и его окрестностях относительно повышенные среднесуточные уровни диоксида азота отмечены в воздухе поселка и вертолетной площадки, причем в осенний период концентрации были незначительно выше, чем в весенний (табл. 3.2). В целом, уровни содержания диоксида азота в атмосферном воздухе зарегистрированные в районе локального полигона незначительно превышали концентрации оксида азота характерные для фоновых районов и составляли десятые доли среднесуточной ПДК.

Межгодовая изменчивость уровня содержания диоксида азота в осенний период характеризуется относительно высокими значениями в воздухе поселка в 2002-2004 гг. и резким ростом концентрации в 2007 г., когда уровни, зафиксированные в поселке, более чем в два раза и превышали значения, зафиксированные на фоновом полигоне. В период 2005-2006 годы выбросы оксидов азота в атмосферу на территории поселка значительно снижены, и отмеченные концентрации были близки к фоновым. Начиная с 2008 года, наблюдается достаточно резкое уменьшение содержания оксидов азота в воздухе поселка и его окрестностей, обусловленное, в частности, проводимым трестом «Арктикуголь» комплексом мероприятий по улучшению экологической обстановки. В 2010 году практически на всей сети мониторинга наблюдений за атмосферным воздухом отмечено увеличение содержания диоксида азота в 1.4 – 2.8 раза по сравнению с 2009 годом. При этом, повышенные концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе зафиксированы на всей исследуемой территории, вне зависимости от удаления от возможных источников на территории рудника. Таким образом, можно

предположить, что определенную роль в этом сыграла вулканическая активность, отмеченная в 2010 г. в Исландии. В последующий период с 2011 по 2013 концентрации вернулись к фоновым значениям.

### 3.1.2 Атмосферный аэрозоль

Опробование атмосферного воздуха для исследования аэрозоля производилось на самой территории Баренцбурга, севернее поселка в районе вертолетной площадки, в устье р. Грэндалсэльва и на противоположной стороне залива Гренфьорд, в районе оз. Биенда-Стемме. В пробах атмосферного аэрозоля отобранных в период с 2002 по 2013 год проводилось определение тяжелых металлов (Ni, Co, Zn, Cd, Cu, Pb, Cr, Hg) и мышьяка, хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорбифенилы (ПХБ) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Эти ЗВ присутствуют в воздухе либо в адсорбированном виде на аэрозольных частицах, либо в виде собственных аэрозольных конгломератах.

Основным поставщиком загрязняющих веществ в районе проведения наблюдений является теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) работающая круглогодично и использующая в качестве топлива уголь, добываемый на руднике «Баренцбург». Также загрязнение атмосферного воздуха происходит от шахтных вентиляционных установок, при горении и раздувании породы из отвалов и открытых складов угля. В 2006-2007 годах имело место возгорание угля на двух угольных отвалах, расположенных на южной окраине поселка, что явилось причиной задымленности приземного слоя атмосферы над поселком Баренцбург. Таким образом, все перечисленные факторы приводили к тому, что в воздушное пространство выбрасывалось относительно большое количество загрязняющих веществ, включая металлы и серу.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой высокомолекулярные органические соединения, основным элементом структуры молекул которых является два и более конденсированных

бензольных кольца. ПАУ относятся к категории высокотоксичных веществ, обладающих бластомогенными, эмбриотоксическими, мутагенными и другими патогенными свойствами. ПАУ относятся к веществам 1 степени опасности-супертоксикантам [26]. Они внесены Агенствами по охране окружающей среды (ЕРА) США и стран Евросоюза в список опасных загрязнителей воды, воздуха и почвы [10, 27]. Шесть ПАУ соединений, а именно бенз(а)пирен, бенз(б)флуорантен, бенз(ghi)перилен, бенз(к)флуорантен, флуорантен и индено(1,2,3-cd)пирен, включены в список наиболее опасных веществ в Европе. Согласно рекомендациям ЕРА следует определять концентрации 16-ти приоритетных соединений [28].

За весь период наблюдений нафталин, аценафтилен, флуорен, аценафтен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, дибенз(а,h)антрацена, индено(1,2,3-cd)пирена, бенз(g,h,i)перилена, бенз(б)флуорантен и бенз(к)флуорантен идентифицировались в 20 -40% всех проанализированных проб. Одно из опасных соединей группы ПАУ бенз/а/пирен встречается в 15 % отобранных проб. Индено(1,2,3-cd)пирен обнаружен только в 1.5 % проб.

Многолетняя изменчивость содержания ПАУ в атмосферном аэрозоле характеризуется наличием роста уровней концентрации ПАУ, фиксируемых на территории поселка и фоновом полигоне в 2005-06 годах (рис. 3.2), с последующим резким снижением концентрации ПАУ, начиная с 2007 года до 2011, когда был отмечен резкий подъем содержания суммарных ПАУ в атмосферном воздухе. Источником повышенных уровней содержания ПАУ, отмечаемых в районе поселка и фоновых точках в период с 2005 по 2006 год явилось возгорание угля на двух угольных отвалах, расположенных южнее поселка. Относительно повышения ПАУ в 2011 году можно сделать вывод, что это связано с поступлением веществ из внешних источников, так как увеличение содержания ароматических углеводородов наблюдалось и на всех фоновых точках наблюдений.

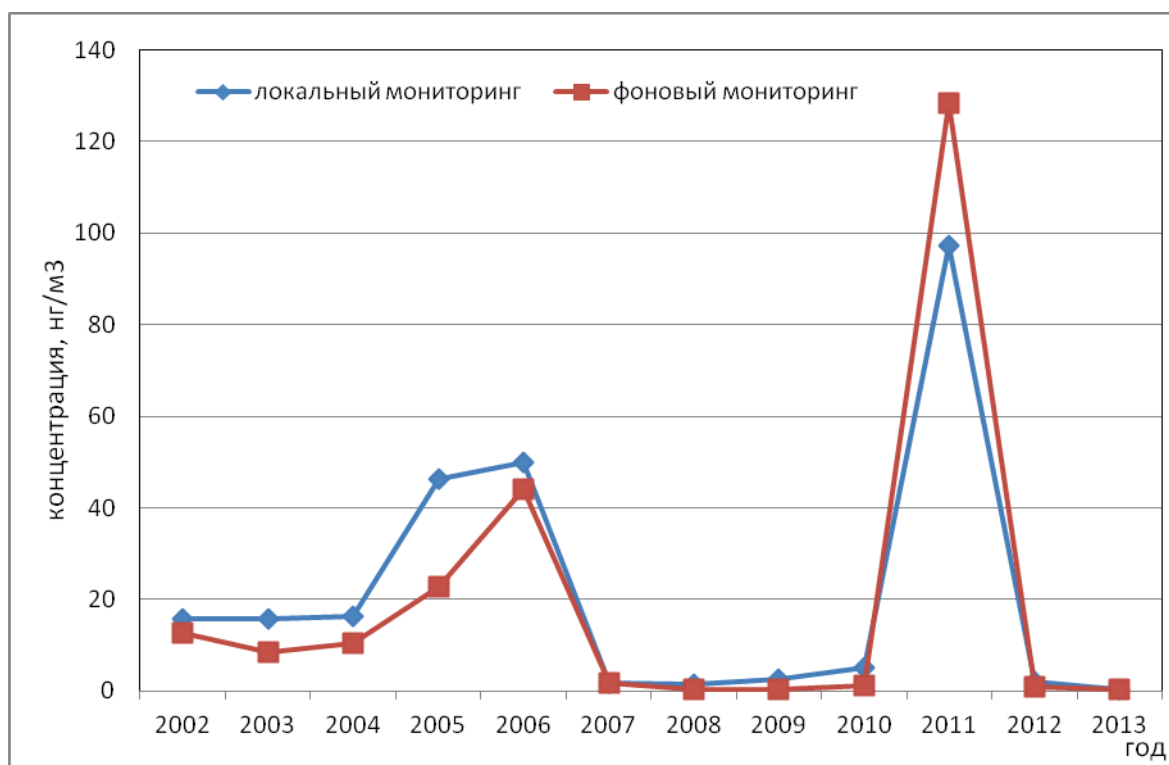


Рисунок 3.2 - Многолетняя изменчивость содержания суммарного ПАУ в атмосферном аэрозоле в районе расположения поселка и фоновых территорий.

Среднемноголетние уровни содержания ряда идентифицированных ПАУ и суммы ПАУ в атмосферном аэрозоле в районе поселка и фоновом полигоне характеризуется значительной схожестью концентраций ряда соединений ПАУ. Значения средних концентраций отдельных ПАУ и их суммарного содержания представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Интервалы и средние уровни содержания ПАУ в атмосферном аэрозоле в районе расположения пос. Баренцбург в период 2002-2013 гг.

Параметр	пос. Баренцбург			Фоновые территории		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Нафталин, нг/м <sup>3</sup>	<0.2	62.4	3.87	<0.2	71.2	6.20
Аценафтилен, нг/м <sup>3</sup>	<0.2	5.03	0.46	<0.2	7.60	1.93
Флуорен, нг/м <sup>3</sup>	<0.5	41.2	4.93	<0.5	42.3	5.69
Аценафтен, нг/м <sup>3</sup>	<0.5	8.30	0.74	<0.5	5.97	1.46
Фенантрен, нг/м <sup>3</sup>	<0.01	54.6	6.56	<0.01	68.1	7.37
Антрацен, нг/м <sup>3</sup>	<0.02	13.2	1.85	<0.02	13.0	2.14
Флуорантен, нг/м <sup>3</sup>	<0.1	15.7	1.59	<0.1	20.4	2.10
Пирен, нг/м <sup>3</sup>	<0.1	6.24	0.51	<0.1	7.34	1.03
Бенз/а/антрацен, нг/м <sup>3</sup>	<0.01	1.61	0.06	<0.01	1.23	0.49
Хризен, нг/м <sup>3</sup>	<0.03	0.83	0.12	<0.03	1.32	0.35
Бенз/б/флуорантен, нг/м <sup>3</sup>	<0.02	2.13	0.19	<0.02	3.92	0.55
Бенз/к/флуорантен, нг/м <sup>3</sup>	<0.01	3.39	0.27	<0.01	6.65	0.55
Бенз/а/пирен, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	0.51	0.04	<0.05	0.58	0.26
Дибенз/аh/антрацен, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	0.29	0.02	<0.05	0.23	0.10
Индено/123cd/пирен, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	0.05	<0.05	<0.05	0.12	0.06
Бенз/ghi/перилен, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	1.22	0.09	<0.05	1.47	0.53
Сумма ПАУ, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	171	21.3	<0.05	217	20.6

Из 39 хлорорганических соединений (ХОС), анализируемых в пробах атмосферного аэрозоля в период, начиная с 2002 года, регулярно фиксировались хлорбензолы, пестициды группы ГХЦГ, ДДТ, а также полихлорбифенилы (ПХБ). Пентахлорбензол и гексахлорбензол обнаружен в 65 % проанализированных проб; пестициды  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ идентифицированы в 60 % проб; пестициды группы ДДТ (2.4 ДДЕ и 4.4 ДДЕ – 35 % проб, 2.4 ДДД

и 4.4 ДДД – 20% проб, 4.4 ДДТ – 40 проб и 2.4 ДДТ только в 17% проб). Конгенеры ПХБ обнаружены: #52, #101, #118 -60-82 % проб; #18, #28, #99, #105, #138, #153- 31-50 % проб, #128, #156 - 12-20% проб и #31 только в 7% отобранных проб. Высокохлорированные конгенеры, начиная с #170 по #209, не обнаружены ни в одной пробе.

Максимальные концентрации пентахлорбензола ( $0.67 \text{ нг/м}^3$ ), гексахлорбензола ( $1.51 \text{ нг/м}^3$ ) зафиксированы в пробах атмосферного аэрозоля на территории поселка весной 2009 и 2010 годов соответственно.

Многолетняя изменчивость содержания суммы хлорбензолов в аэрозоле атмосферного воздуха в районе Баренцбурга в весенний и осенний период характеризуется незначительными колебаниями в диапазоне от  $0.1$  до  $0.3 \text{ нг/м}^3$  на территории поселка. В аэрозоле, отобранном на точках фонового полигона содержание хлорбензолов в среднем в 1.5 раза ниже, чем в аэрозоле поселка (рис. 3.3). В 2010 годах отмечен резкий рост концентрации хлорбензолов на территории поселка (до  $0,84 \text{ нг/м}^3$ ) и последующем увеличении ХБ в аэрозоле фонового полигона в течении 2010-2012 гг. Что может свидетельствовать о поступлении загрязняющих веществ в природную среду от источника внутри поселка.

Интервалы и средние уровни содержания суммы хлорбензолов в атмосферном аэрозоле представлены в табл. 3.4.

Для многолетней изменчивости содержания суммы пестицидов группы ГХЦГ в атмосферном аэрозоле характерен достаточно равнозначный ход значений - в период 2002-2010 г., как для локального, так и для фонового района исследования, с преобладанием фоновых значений, с последующим резким повсеместным ростом содержания пестицидов группы ГХЦГ в 2011 году и снижение до минимальных значений в 2013 году (рис. 3.4). Наблюдаемая ситуация говорит о том, что поступление данных веществ происходит из источников находящихся за пределами архипелага Шпицберген. Изомеры ГХЦГ особенно  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) используется в сельскохозяйственном

производстве странами Европы и Азии, откуда эти загрязняющие вещества и переносятся в арктический регион благодаря атмосферному переносу.

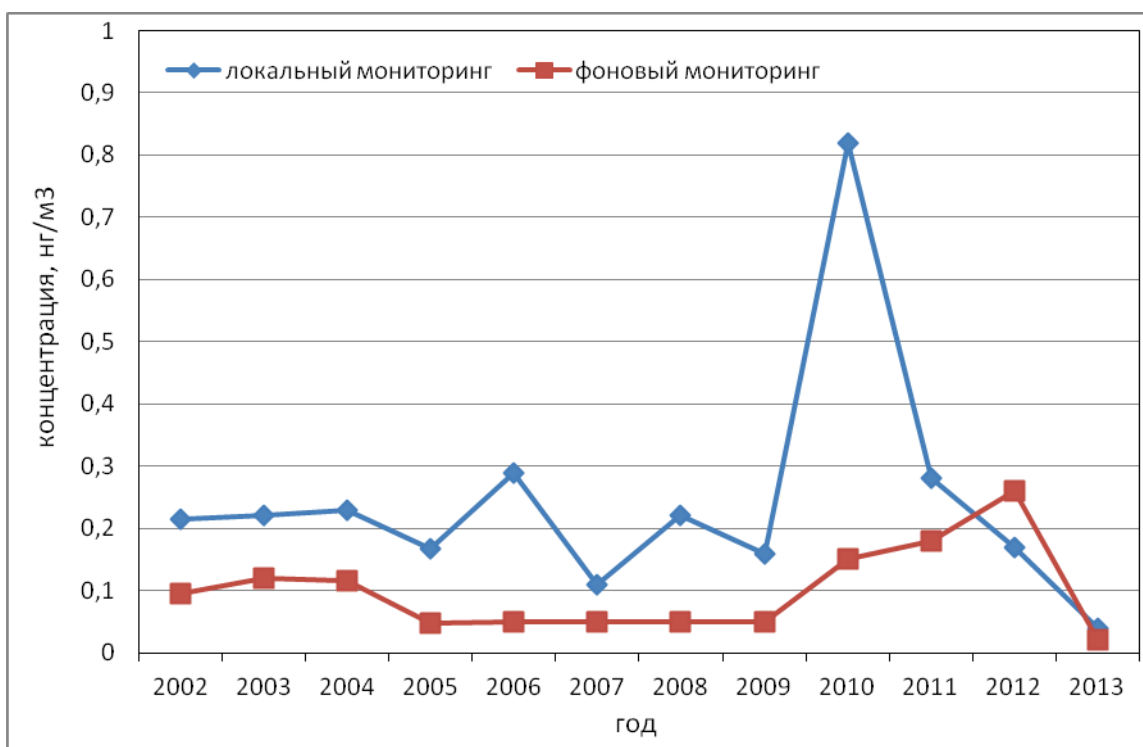


Рисунок 3.3 - Многолетняя изменчивость содержания хлорбензолов в атмосферном аэрозоле в районе поселка и фоновом полигоне.

Таблица 3.4 - Интервалы и средние уровни содержания ХОС в атмосферном аэрозоле в районе расположения пос. Баренцбург в период 2002-2013 гг.

Параметр	пос. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Сумма ХБ, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	1.61	0.30	<0.05	0.92	0.16
Сумма ГХЦГ, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	0.64	0.10	<0.05	0.80	0.14
Сумма ДДТ, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	1.53	0.22	<0.05	0.99	0.01
Сумма 15 ПХБ, нг/м <sup>3</sup>	<0.05	8.01	0.85	<0.05	8.87	0.72

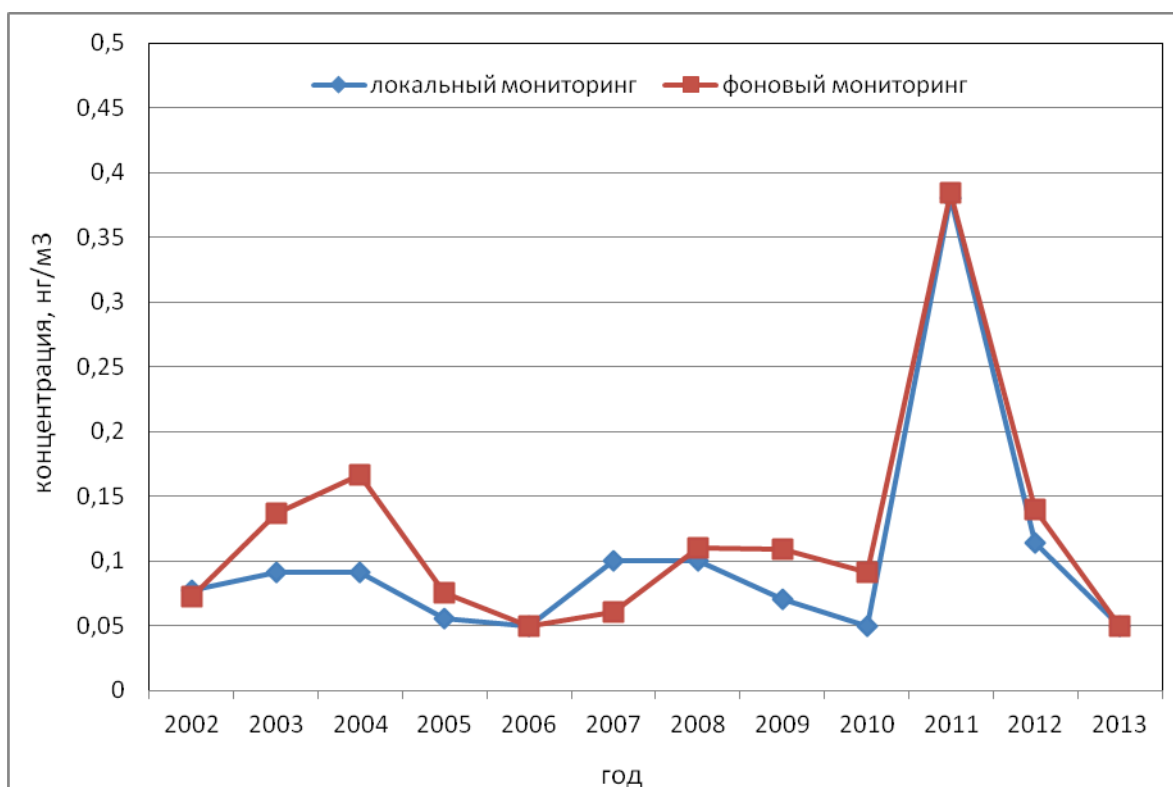


Рисунок 3.4 - Многолетняя изменчивость содержания суммы ГХЦГ в атмосферном аэрозоле в районе поселка и фоновом полигоне.

Значимые уровни содержания пестицидов группы ДДТ в атмосферном аэрозоле в Баренцбурге и его окрестностях фиксировались, начиная с 2006 года. Ранее, в 2002-2005 годах, в аэрозоле пестициды группы ДДТ либо не отмечались (рис. 3.5), либо наблюдались на уровне нижнего порога обнаружения. В 2010 году отмечены максимальные за весь период наблюдений концентрации этих пестицидов в исследуемом районе. Значения концентрации суммы ДДТ достигло уровня  $1.45 \text{ нг/м}^3$  в центре жилого поселка Баренцбург. В районе фонового полигона (р. Грендалсэльва) максимальная концентрация составила  $0.99 \text{ нг/м}^3$ , что более чем в 3 раза превышает уровни, зарегистрированные в 2006г. Следует, также отметить, что профили значений концентраций суммы ДДТ имеют очень схожий вид.



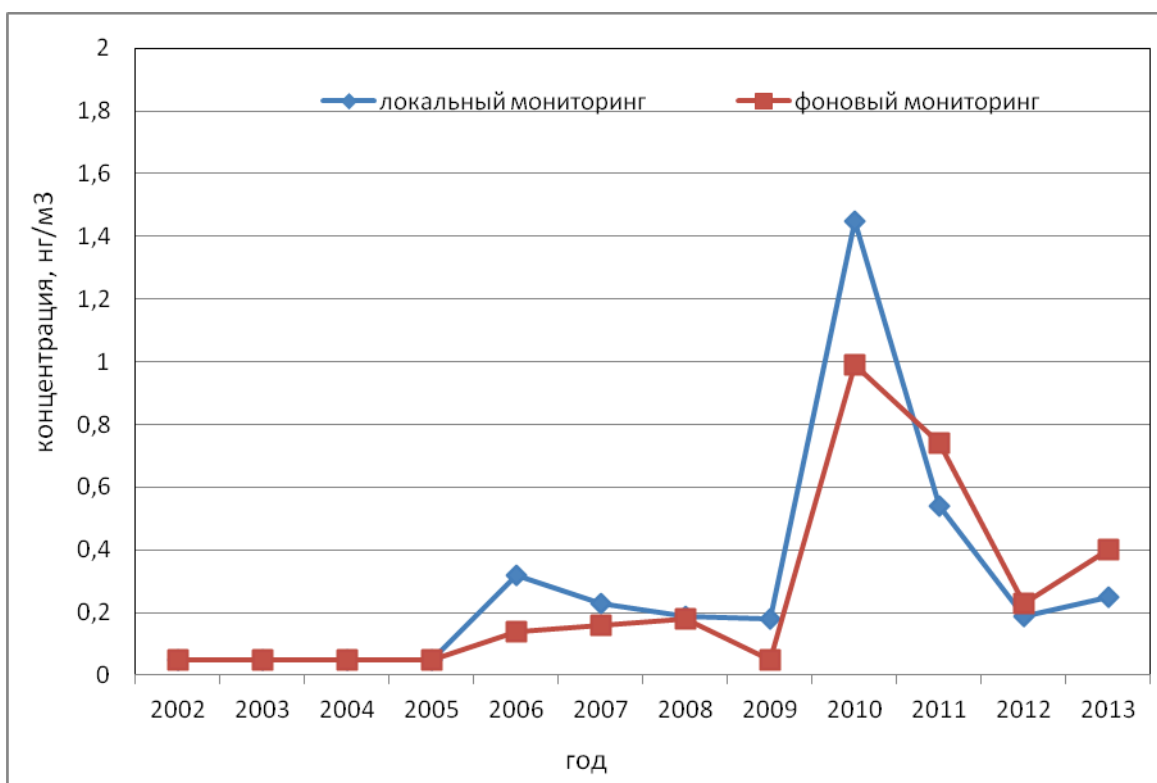


Рисунок 3.5 - Многолетняя изменчивость содержания пестицидов группы ДДТ атмосферном аэрозоле в районе поселка и фоновом полигоне.

Многолетняя изменчивость содержания конгенов ПХБ в атмосферном аэрозоле в районе Баренцбурга (рис.3.6) характеризуется относительно низкими концентрациями в период 2002- 2005 годы (от 0.05 до 0.06 нг/м<sup>3</sup>), последующим резким ростом содержания ПХБ, отмечаемом в атмосфере в районе поселка (до 2.13 нг/м<sup>3</sup>) и в фоновых точках (до 1.0-1.9 нг/м<sup>3</sup>) в 2006 году, снижением содержания ПХБ в 2008-2009 годах до значений предела обнаружения. Начиная с 2010 г. в районе Баренцбурга отмечается увеличение концентрации  $\sum\text{ПХБ}_{15}$  в атмосферном аэрозоле, достигший максимального уровня в 2011 году, причем наибольшая концентрация отмечена осенью на станции расположенной в фоновом районе у оз. Биенда-Стемме – до 8.87 нг/м<sup>3</sup>, при максимальной концентрации ПХБ<sub>15</sub> в аэрозоле отобранном в поселке – 6.19 нг/м<sup>3</sup>.

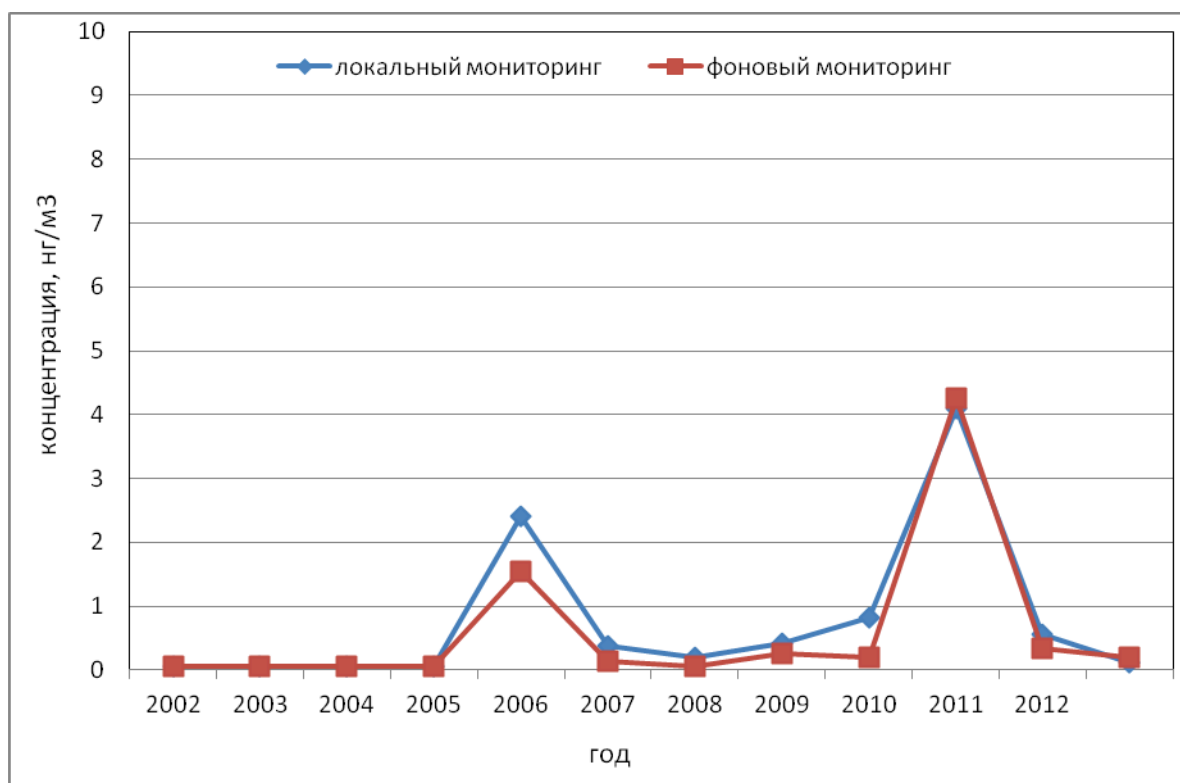


Рисунок 3.6 - Многолетняя изменчивость содержания суммы ПХБ в атмосферном аэрозоле в районе поселка и на фоновом полигоне.

Уровни содержания тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка в атмосферном аэрозоле в период наблюдений не превышали ПДК, составляя сотые и тысячные их доли. Таким образом, качество воздуха в районе Баренцбурга полностью соответствует российским гигиеническим нормативам для населенных пунктов, а также требованиям «Директивы Совета Европейского союза 1999/34/ЕС от 22.03.1999 г. по стандартам загрязнения атмосферного воздуха [29].

Интервалы ряда ТМ и мышьяка, представленные в табл. 3.5, демонстрирует более высокие уровни содержания ТМ в аэрозоле, отобранном на территории поселка, по сравнению с аэрозолем, отобранном на фоновом полигоне. Многолетняя изменчивость содержания ТМ в атмосферном аэрозоле, отобранном на территории поселка вблизи ТЭЦ, характеризуется общей

тенденцией роста концентрации ряда ТМ (свинец, медь, кобальт) и сохранением относительно высоких уровней (цинк, никель, мышьяк) в период с 2002 по 2005 годы.

Таблица 3.5 - Интервалы и средние уровни содержания ТМ в атмосферном аэрозоле в районе расположения пос. Баренцбург в период 2002-2013 гг.

Параметр	пос. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Цинк, нг/м <sup>3</sup>	<0.02	9.48	3.39	<0.02	8.40	1.95
Медь, нг/м <sup>3</sup>	<0.1	6.92	2.78	<0.1	5.78	1.45
Никель нг/м <sup>3</sup>	<0.06	5.82	2.20	<0.06	5.10	1.53
Кобальт, нг/м <sup>3</sup>	<0.02	0.93	0.28	<0.02	0.74	0.18
Свинец, нг/м <sup>3</sup>	<0.02	7.88	2.82	<0.02	7.01	1.70
Кадмий, нг/м <sup>3</sup>	<0.002	0.16	0.02	<0.002	0.02	0.01
Хром, нг/м <sup>3</sup>	<0.006	4.88	1.20	<0.006	3.35	0.72
Мышьяк, нг/м <sup>3</sup>	<0.06	0.72	0.25	<0.06	0.52	0.09

### 3.2 Снежный покров

Устойчивый снежный покров на о-ве Западный Шпицберген в районе пос. Баренцбург держится с конца октября до мая месяца. Мощность снежного покрова зависит от рельефа местности - в понижениях достигает 400-500 см, на высоких участках 20-30 см. Аккумуляция токсичных соединений снежным покровом вносит значительный вклад в уровни химического загрязнения водных объектов, почв и растительного покрова территорий.

С востока Баренцбург ограничен грядой гор высотой до 700 м, простирающихся параллельно береговой линии залива Гренфьорд, при этом направление ветров на архипелаге во многом определяется особенностями рельефа. В фьордах и узких долинах преобладают ветры, совпадающие с направлением их осевых линий. Так в заливе Гренфьорд в течение большей части года преобладают юго-восточные и южные ветры, а в июле и августе —

северные и северо-западные. В подобных орографических условиях местная ТЭЦ с высотой трубы около 30 м не может быть источником распространения ЗВ во внутренние районы острова. Загрязнение снежного покрова местными источниками в основном носит локальный характер и ограничивается территорией самого поселка и его ближайших окрестностей.

Изучение снежного покрова на территории Баренцбурга и окрестностей производилось в период максимального снегонакопления в зимне-весенние периоды с 2003-2013 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 ТМ.

В табл. 3.6 приведены среднемноголетние концентрации основных загрязняющих веществ для исследуемого района.

Таблица 3.6 - Среднемноголетние концентрации загрязняющих веществ в снежном покрове на территории рудника Баренцбурга и фоновых районов.

Параметр	Руд. Баренцбург	Районы фонового мониторинга
Содержание взвеси, мг/л	38.1	10.7
Сумарные НУ, мкг/л	114	36
Сумма ПАУ, нг/л	117	84.5
Сумма ДДТ, нг/л	1.72	0.69
Сумма ПХБ, нг/л	7.93	3.27

Одним из важных показателей, характеризующих состояние снежного покрова, является наличие взвешенных веществ в снеге, обусловленное как местными региональными факторами, так и поступлением взвеси из атмосферы с дальним переносом. Концентрация взвеси в снежном покрове изменялась за весь период наблюдений от 0.8 до 248 мг/л, составляя в среднем для всей обследованной территории 25.8 мг/л. Максимальная концентрация взвешенных веществ (248 мг/л) была выявлена в 2010 г. в снеге севернее Баренцбурга.

Исследования, проведенные в период максимального снегонакопления, показали, что наибольшая загрязненность снежного покрова минеральными веществами отмечается на территории Баренцбурга в непосредственной близости от ТЭЦ и других местных источников загрязнения (отвалы горных пород, склад горношахтного оборудования, свалка бытовых отходов), резко снижаясь при этом по мере удаления от поселка. Так, в границах санитарно-защитной зоны поселка концентрация взвешенных веществ изменяется от 5.0 до 112 мг/л; в окрестностях поселка от 3.7 до 45 мг/л; в районах, отделенных от поселка заливом (оз. Биенда-Стемме) и цепью гор восточнее поселка, содержание взвешенных веществ изменяется от 0.85 до 26 мг/л, то есть соответствует концентрации нерастворимых веществ характерных для фоновых районов Арктики (4 мг/л) [30,31].

Таким образом, по пространственному распределению содержания минеральных частиц в снежном покрове можно сделать вывод о локальном характере загрязнения вокруг поселка. Фактически, основное загрязнение сконцентрировано на узкой береговой полосе Гренфьорда, отделенной от центральной части острова цепью гор высотой 500-700 м.

Максимальное содержание НУ до 711 мкг/л отмечено в пробе снега, отобранной в 2009 г. в центре поселка Баренцбург. Анализ межгодовой изменчивости показывает, что в этом же году весной зафиксированы максимальные уровни содержания НУ в снежном покрове и в его окрестностях. В поселке концентрация НУ изменялась от 12.7 до 711 мкг/л, в окрестностях - от 21 до 402 мкг/л. Пространственное распределение нефтепродуктов представлено данными, приведенными в табл. 3.6. На участках фонового полигона концентрации НУ изменялась от <2 до 91 мкг/л, т.е. были близки к концентрациям, характерным для фоновых районов Арктики [32,33,34,35].

В 70% отобранных проб содержание фенолов находилась ниже предела обнаружения принятого метода анализа (<0.5 мкг/л), в 30% проб изменялось от 0.5 до 1.3 мкг/л талой воды. Максимальные значения зафиксированы в пробах

снега, отобранных в 2008 году районе отвалов горных пород расположенных на окраине поселка.

Результаты, исследований содержания в снежном покрове полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) за весь период наблюдений, представлены в таблице 3.7. Из контролируемых ПАУ в снежном покрове за период с 2002 по 2013 были зафиксированы все 16 проритетных соединений. Наиболее часто встречались нафталин в 80% проб снега и фенантрен в 68% проб; бенз(б)флуорантен и бенз(к)флуорантен идентифицированы в 40-50% проб; флуорантен в 44%; бенз(а)пирен, антрацен, флуорен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен обнаружены в 20% всех проанализированных проб, аценафтиле, индено(1,2,3-сd)пирен и бенз(г,х,и)перилен обнаружены в менее 10% всех проб.

Высокое содержание нафталина в снежном покрове было отмечено весной 2004 года, когда на территории поселка и его окрестностей его концентрация достигала значений до 381 нг/л (среднее содержание – 80 нг/л), на территории фонового полигона содержание нафталина изменялось от < 2.0 до 376 нг/л, составляя в среднем 49 нг/л.

Высокие концентрации фенантрена, флуорантена, бенз(а)пирена, пирена, хризена, бенз(а)антрацена, бенз(б)флуорантена+перилена и бенз(к)флуорантена отмечены были на территории рудника в 2003-2004 годах. Концентрация бенз(а)пирена в снежном покрове наблюдались только в трех процентах отобранных проб.

Таблица 3.7- Интервалы и средние уровни содержания ПАУ в снежном покрове рудника Баренцбург, его окрестностей и точек фонового мониторинга за период 2003 - 2013 годов, нг/л.

Параметр	Руд. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Нафталин	<1.0	381	77.4	<1.0	376	49.0
Аценафтилен	<5.0	36.0	1.68	<5.0	292	13.2
Флуорен	<2.0	40.0	3.90	<2.0	80.0	5.15
Аценафтен	<5.0	<5.0	-	<5.0	33.0	1.76
Фенантрен	<0.5	100	10.2	<0.5	21.0	3.74
Антрацен	<0.2	16.2	0.86	<0.2	16.0	0.89
Флуорантен	<1.0	117	7.04	<1.0	8.00	1.66
Пирен	<1.0	83.3	4.00	<1.0	5.70	0.57
Бенз/а/антрацен	<0.1	103.0	9.99	<0.1	4.90	0.26
Хризен	<0.3	59.0	3.45	<0.3	6.40	0.40
Бенз/б/флуорантен	<0.2	61.0	5.21	<0.2	5.40	1.20
Бенз/к/флуорантен	<0.1	75.0	4.81	<0.1	93.0	4.28
Бенз/а/пирен	<0.5	44.0	2.15	<0.5	2.38	0.26
Дибенз/аh/антрацен	<0.5	2.00	0.09	<0.5	<0.5	-
Индено/123cd/пирен	<0.5	8.00	0.30	<0.5	<0.5	-
Бенз/ghi/перилен	<0.5	25.0	1.03	<0.5	1.0	0.08
Сумма ПАУ, нг/л	<0.1	941.5	132	<0.1	450	82.2

Суммарное содержание соединений группы ПАУ в снежном покрове за весь период наблюдения изменялось от 1.40 до 942 нг/л талой воды при среднем значении 132 нг/л. Максимальная концентрация суммы ПАУ в снеге отмечена в 2003 году в районе расположения склада горно-шахтного оборудования. Наиболее загрязненными по содержанию суммы ПАУ в

снежном покрове являются территории: рудника средняя концентрация составляла 367 нг/л. ; и окрестности поселка (район складов) - 173 нг/л. На фоновых точках сумма ПАУ в снеге в среднем составляла около 80 нг/л талой воды.

Изменчивость средних уровней содержания суммы ПАУ и приоритетных соединений в снежном покрове за весь период наблюдений характеризуется повышенными концентрациями, наблюдаемыми на территории рудника и на примыкающей к нему с севера территории, и заметным снижением уровней по мере удаления за пределы санитарно-защитной зоны (табл. 3.7, рис.3.10). Представленное пространственное распределение загрязнения снежного покрова ПАУ в районе Баренцбурга четко показывают, что источники поступления этих компонентов в атмосферу сосредоточены в районе ТЭЦ и окрестностях поселка, при этом уровни загрязнения заметно снижаются по мере удаления от локальных источников.

Из контролируемых хлорорганических соединений в пробах снега в период наблюдений зафиксированы хлорбензолы и пестициды групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Соединения хлорбензолов обнаруживались в 60% проанализированных проб, пестициды  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ - в 62-65 % проб,  $\beta$ -ГХЦГ в 38 %. Среди пестицидов группы ДДТ отмечены 2.4 ДДЕ (56%), 4.4 ДДЕ (92%), 2.4 ДДД и 4.4 ДДД (18%), 2.4 ДДТ и 4.4 ДДТ (47 и 80% проб, соответственно). Из конгенов ПХБ обнаружены #52, #101, #105, #118, #138, #153 в 80-100% проб, #28, #31 и #99 в 40-60% проб, #156, #170, #180, #187 в 10-30% отобранных проб. Конгены #195 и #209 не обнаружены, ни в одной пробе.

Пространственная изменчивость концентрации хлорбензолов в снежном покрове характеризуется повышенными уровнями в точках фонового полигона, в районе р. Грендалсэльва и оз. Биенда-Стемме (табл. 3.8, рис. 3.11).



Таблица 3.8 - Интервалы и средние уровни содержания ХОС в снежном покрове района расположения пос. Баренцбург, его окрестностей и точек фонового мониторинга за период 2002 - 2013 годов.

Параметр	Руд. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Сумма ХБ, нг/л	<0.05	1.58	0.19	<0.05	1.02	0.19
Сумма ГХЦГ, нг/л	<0.05	14.1	1.91	<0.05	23.8	2.27
Сумма ДДТ, нг/л	<0.05	8.90	1.43	<0.05	1.79	0.69
Сумма ПХЦД, нг/л	<0.05	0.19	0.02	<0.05	0.07	0.01
Сумма ПХБ, нг/л	0.18	104	13.5	0.33	19.7	3.15

Снежный покров территории поселка и его окрестностей характеризуется относительно повышенными концентрациями пестицидов группы ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Наибольшие концентрации пестицидов группы ГХЦГ наблюдалось в весенний периоды 2003-2004 годов. В этот период средние уровни содержания ГХЦГ в снеге поселка и его окрестностей составляли 8.01 и 5.75 нг/л соответственно, а на фоновом полигоне – 23.9 нг/л, что значительно выше содержания ГХЦГ в снежном покрове Российской и Канадской Арктики [31,36,37,38].

Для многолетней изменчивости содержания пестицидов группы ГХЦГ в снежном покрове в районе Баренцбурга характерно резкое уменьшение концентраций в период с 2003 по 2004 г. и последующее плавное снижение концентрации суммы ГХЦГ до фоновых значений, близких к 1.0 нг/л, что достаточно близко к фоновым уровням характерным для снежного покрова в Арктике (рис. 3.7).

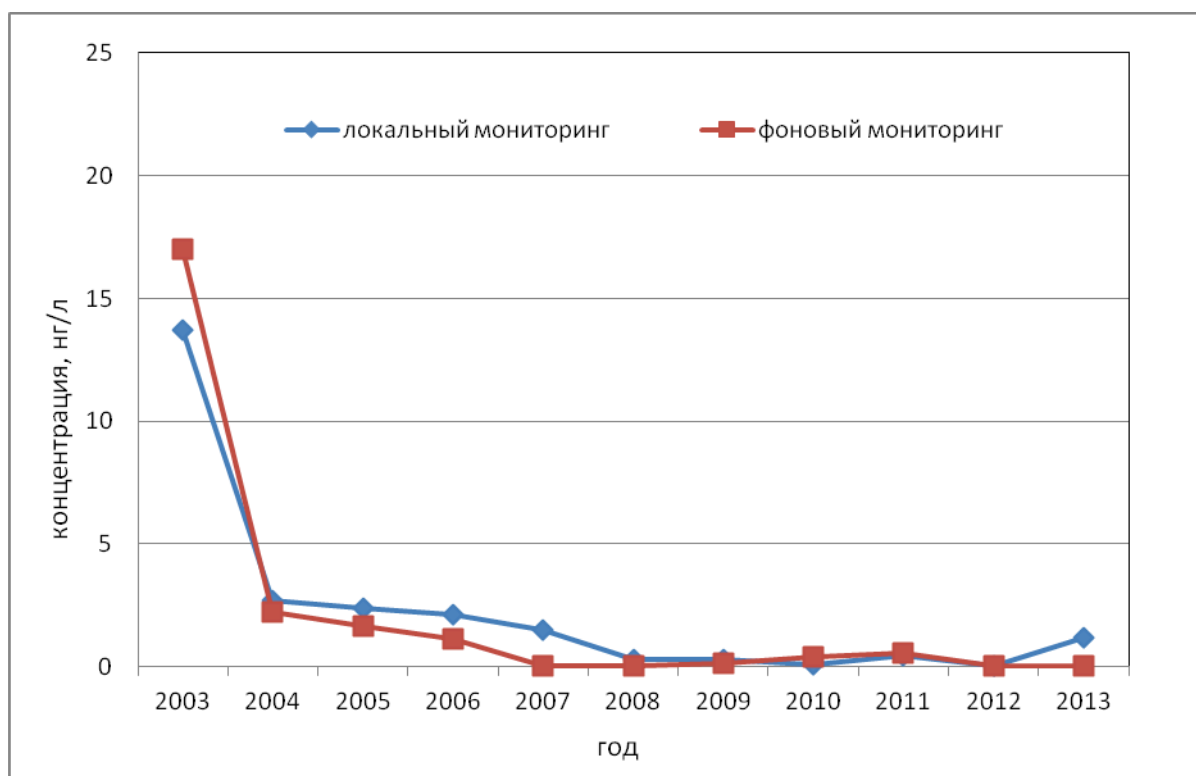


Рисунок 3.7 - Многолетняя изменчивость содержания суммы ГХЦГ в снежном покрове характерных районов пос. Баренцбург и его окрестностей.

Загрязнение снежного покрова пестицидами группы ДДТ в районе Баренцбурга характеризуется значительной межгодовой изменчивостью с наличием относительно повышенных уровней содержания ДДТ в весенние периоды 2003 и 2013 годов и низких уровней, близких к концентрации ДДТ в фоновых районах, в период с 2004 по 2011 годы (рис. 3.8). Среднегодовое содержание суммы ДДТ в снежном покрове локального и фонового полигонов в период 2004-2009 годы составило 0.5 нг/л, что близко к измеренным в снежном покрове Канадской Арктики [37]. Для пространственной изменчивости суммарного содержания ДДТ за рассматриваемый период характерны относительно повышенные уровни содержания ДДТ в снежном покрове, отбираемом в районе вертолетной площадки, при относительно низких (фоновых) уровнях содержания ДДТ в остальных районах пробоотбора (табл. 3.6, рис. 3.11).

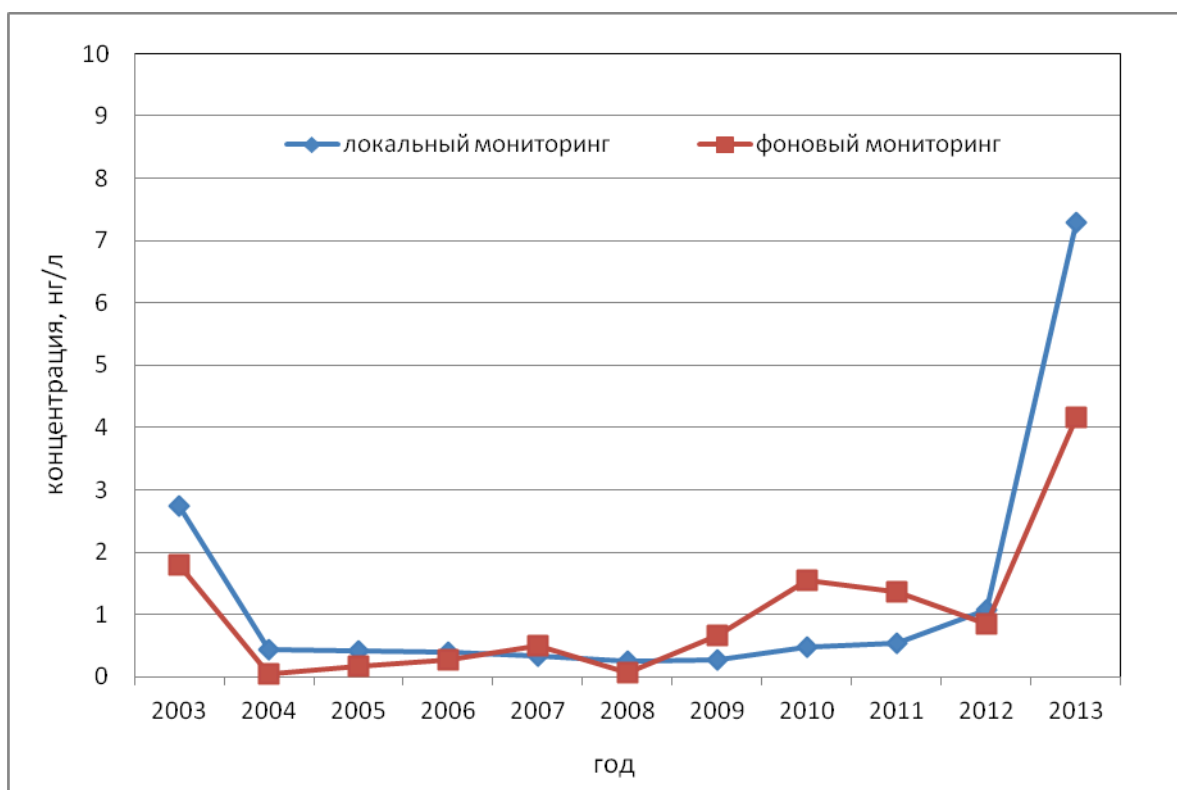


Рисунок 3.8 - Многолетняя изменчивость содержания пестицидов группы ДДТ в снежном покрове в районе пос. Баренцбург и его окрестностей.

Оценка загрязнения полихлорбифенилами снежного покрова выявила значительную пространственную изменчивость уровней содержания ПХБ на рассматриваемой территории. Максимальные разовые концентрации суммы ПХБ в снежном покрове были отмечены в самом поселке и его окрестностях (табл. 3.8). Это указывает на возможное наличие существенных местных источников загрязнения. Так концентрация суммы ПХБ в снежном покрове в районе вертолетной площадки в 4-6 раз выше содержания ПХБ в снежном покрове поселка и районов расположения складов и свалок. Содержание суммы ПХБ в фоновых точках пробоотбора в среднем за период наблюдения изменялось от 0.33 до 19 нг/л (среднее - 3.15 нг/л), что близко к значениям, отмеченным в снежном покрове в фоновых районах Арктики [39].

Рассматривая межгодовую изменчивость содержания сумм ПХБ в характерных районах за период 2003-2013 годов следует обратить внимание на

на резкий рост содержания ПХБ в 2010-2011 году на фоновом полигоне (рис. 3.9). Столь резкий рост содержания ПХБ в снеге, по-видимому, связан с поступлением пестицидов с атмосферным переносом, так как значения на фоновом полигоне многократно превышает концентрации ПХБ в поселке Баренцбург наблюдаемые с 2004 года.

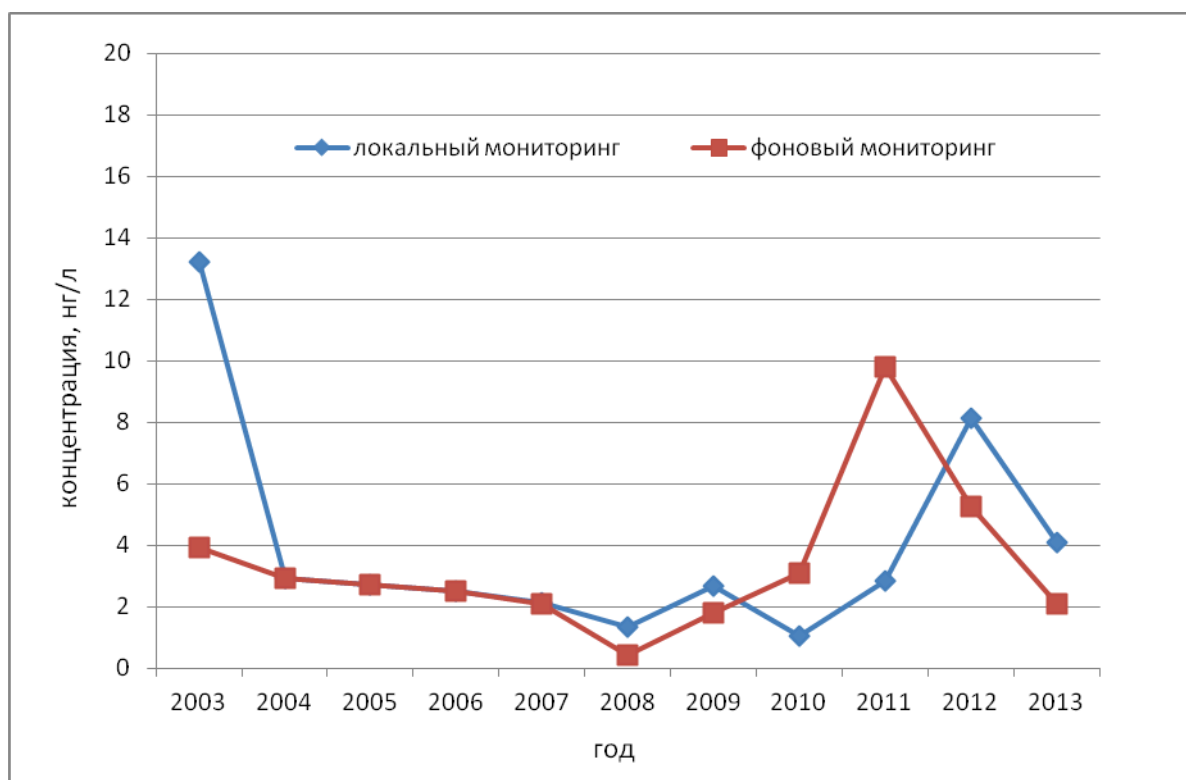


Рисунок 3.9 - Изменчивость содержания суммы ПХБ в снежном покрове в районе руд. Баренцбург и его окрестностей

#### *Тяжелые металлы.*

Содержания контролируемых тяжелых металлов и мышьяка в пробах снега характерных районов пос. Баренцбург представлены в таб.3.9.

Таблица 3.9 - Интервалы и средние уровни содержания некоторых ТМ в снежном покрове района расположения пос. Баренцбург, его окрестностей и точек фонового мониторинга за период 2003 - 2013 годов, мкг/л.

Параметр	пос. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Железо	<0.5	42.2	8.78	<0.5	97.0	10.8
Марганец	<0.5	6.60	2.93	<0.5	8.30	3.10
Цинк	<0.5	47.4	7.02	<0.5	19.1	4.50
Медь	<0.5	6.10	1.06	<0.5	4.30	0.94
Никель	<0.5	11.8	1.67	<0.5	18.0	2.81
Кобальт	<0.05	0.46	0.07	<0.05	0.39	0.04
Свинец	<0.1	12.9	1.07	<0.1	5.60	0.86
Кадмий	<0.07	2.03	0.20	<0.07	1.06	0.10
Хром	<0.02	3.09	0.37	<0.02	33.0	1.72
Ртуть	<0.0005	0.02	0.00	<0.0005	0.01	<0.0005
Мышьяк	<0.005	1.47	0.11	<0.005	0.84	0.06

Анализ полученных данных по концентрации тяжелых металлов в снежном покрове в районе Баренцбурга показал, что повышенные содержания металлов приурочено к районам, расположенным вблизи источников поступления их в атмосферу (ТЭЦ, вертолетная площадка, отвалы пород, свалки). По мере удаления от поселка содержание металлов в снежном покрове снижается. Так, в районе расположения ТЭЦ в снежном покрове отмечены максимальные концентрации цинка, меди, свинца, никеля, марганца и кобальта. На северной окрестности поселка в местах складирования горного оборудования и строительных материалов в снеге отнесены максимальные концентрации кадмия и хрома (Рис. 3.12).

Однако, оценивая содержание тяжелых металлов в снежном покрове Баренцбурга по отношению к содержанию ТМ в фоновых районах Арктики, следует отметить относительно повышенные уровни содержания большинства ТМ не только в пределах поселка, но и в точках фонового полигона. Наиболее значительное превышение отмечено по содержанию свинца, меди, никеля и кадмия, концентрация которых была выше 3-10 раз концентраций, характерных для фоновых районов.

Таким образом, можно утверждать, что по сравнению с фоновыми районами Российской и Канадской Арктики (Карское море и ледник Агассиз на о. Элсмир в Канадской Арктике) снежный покров территории поселка и его окрестностей в целом характеризуется относительно повышенными концентрациями хлорорганических пестицидов, ПХБ и некоторых ПАУ. Загрязнение снежного покрова ХОС связано, в основном, с глобальными источниками, ПАУ – с региональными и локальными.

Повышенные уровни концентраций ТМ, связаны с влиянием выбросов ТЭЦ, так как именно процесс сжигания угля является главным источником поступления в природную среду многих металлов. В угле и нефти присутствуют соединения практически всех металлов, значительные количества тяжелых металлов выбрасываются в атмосферу с отходящими газами, а, кроме того, содержащиеся в золе тяжелые металлы являются источником вторичного загрязнения при раздувании или размыве золоотвалов.

Примеры пространственного распределения содержания ЗВ в снежном покрове в районе руд. Баренцбурга и на сопредельных территориях представлены на рис. 3.10 - 3.12.

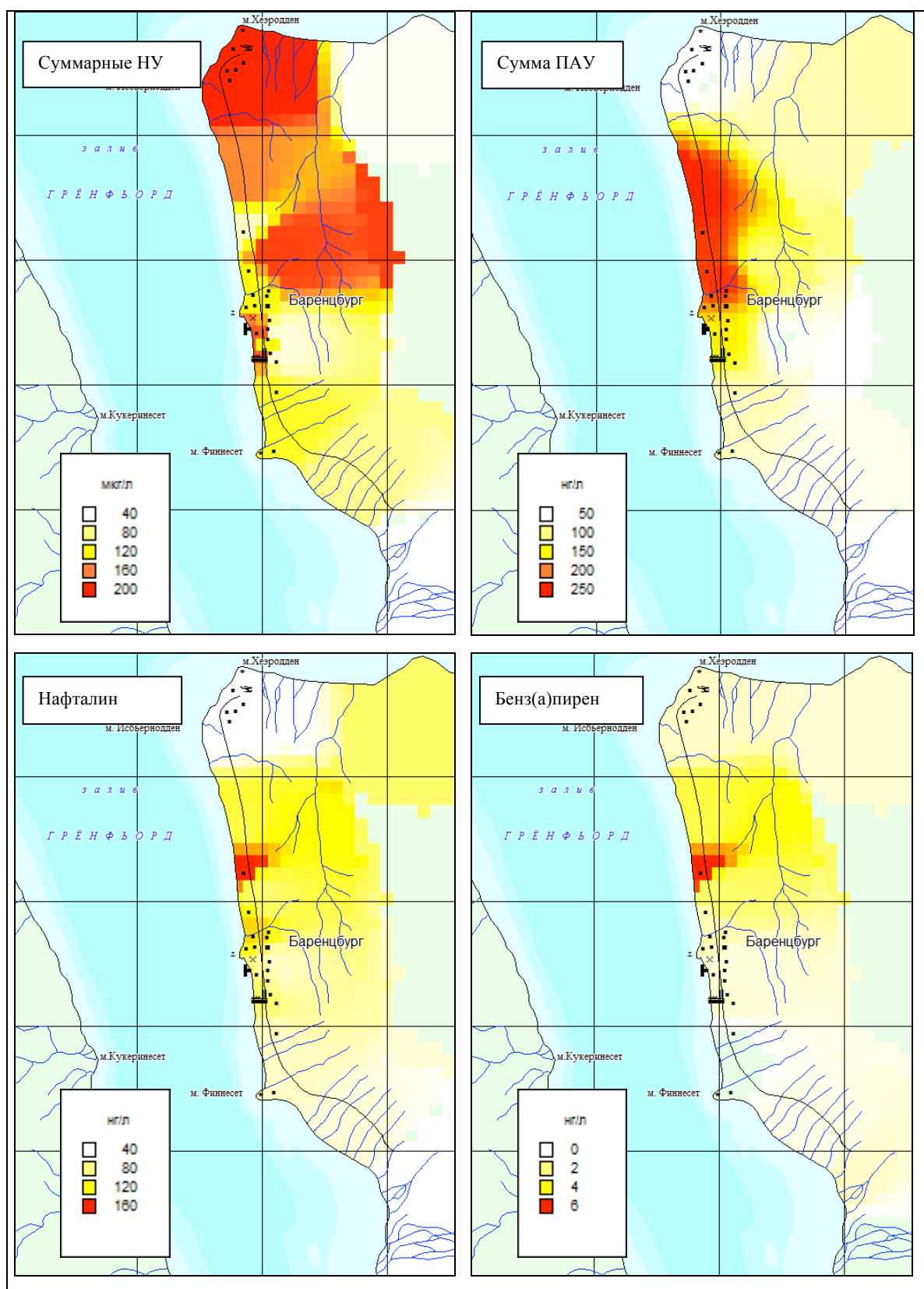


Рисунок 3.10 - Среднее содержание суммарных НУ, суммы ПАУ, нафталина и бенз(а)пирена в снежном покрове района расположения пос. Баренцбург за период 2003-2013 годов.

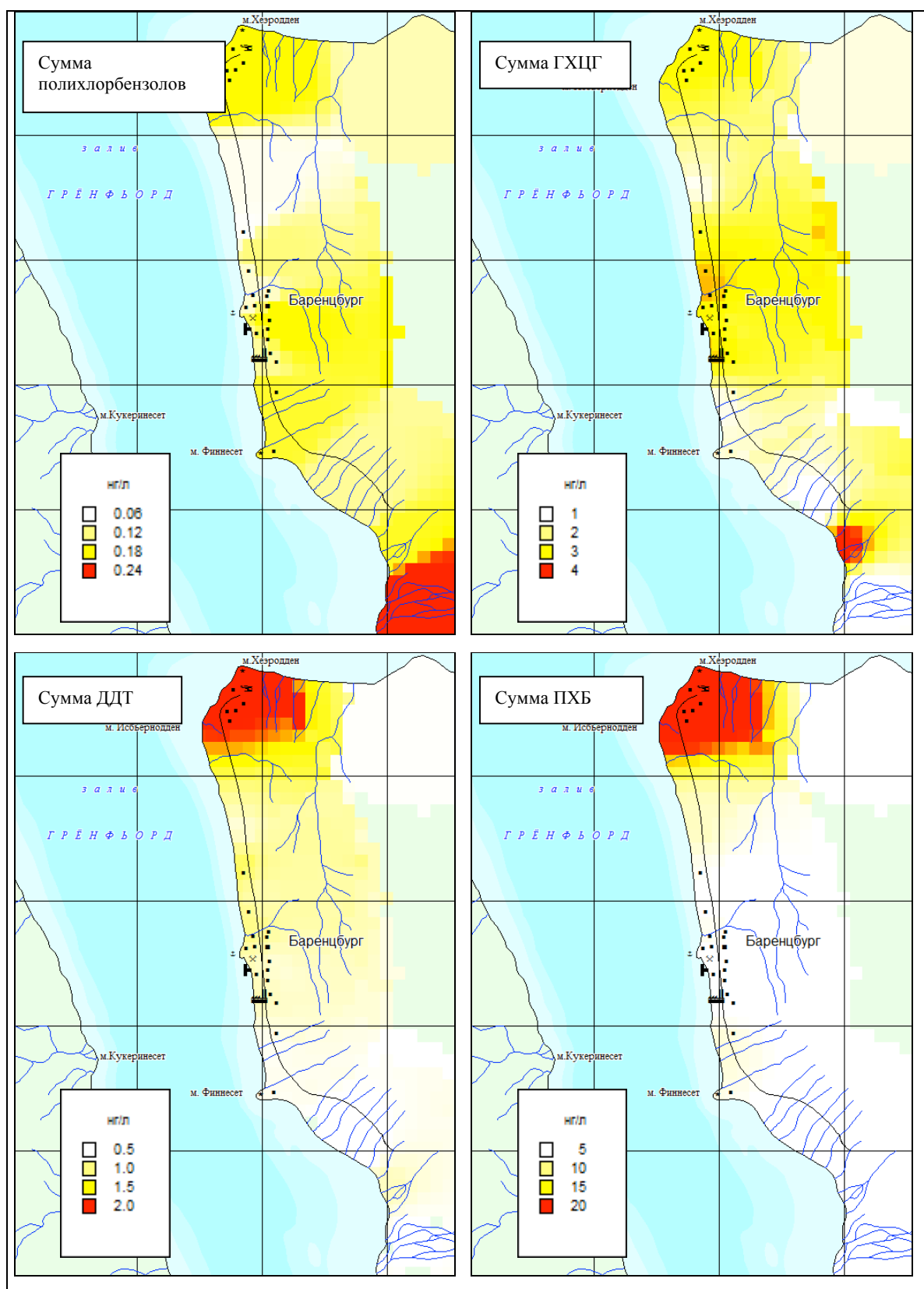


Рисунок 3.11 - Среднее содержание суммарных хлорбензолов, суммы ГХЦГ, суммы ДДТ и суммы ПХБ в снежном покрове района расположения пос. Баренцбург за период 2003-2013 годов.



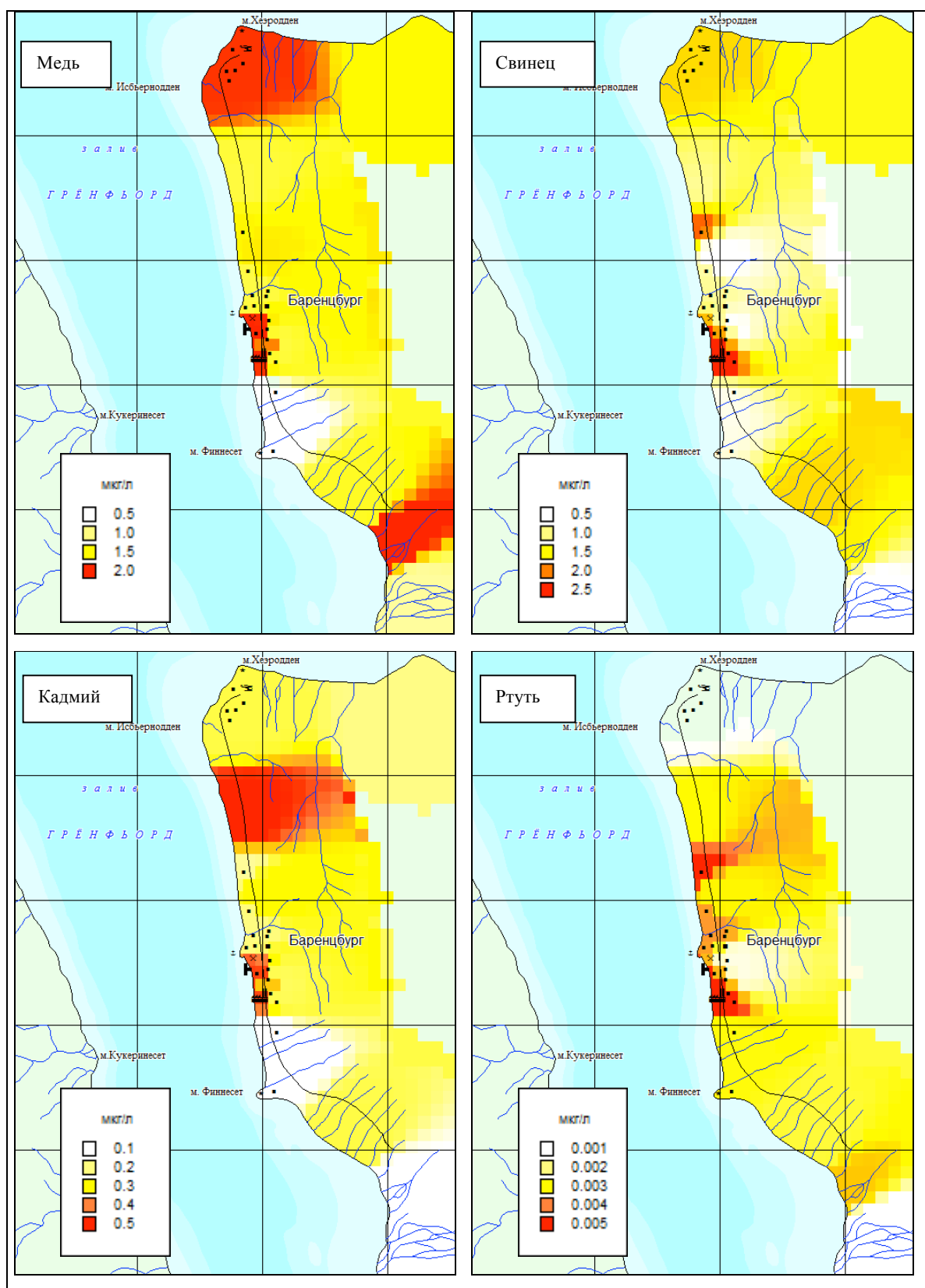


Рисунок 3.12 - Среднее содержание меди, свинца, кадмия и ртути в снежном покрове района расположения пос. Баренцбург за период 2003-2013 годов.

### 3.3 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 отобрано 480 проб морских вод, каждая из которых анализировалась на содержание примерно ста показателей.

В пробах морских вод выполнялись определения следующих загрязняющих веществ: тяжелых металлов и мышьяка, ХОС, включая ПХБ, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

Содержание нефтяных углеводородов (НУ) за период наблюдений изменялось в диапазоне от  $<2.0$  мкг/л до 320 мкг/л. Значимые концентрации НУ отмечались в поверхностных горизонтах в прибрежной части залива на протяжении всего периода наблюдений. На удалении от береговой черты с возрастанием глубины наблюдалось снижение частоты обнаружения НУ. Частота обнаружения в поверхностных водах НУ составила 82 %, в придонных водах в 66 %. Максимальные концентрации НУ были зафиксированы в 2011 году в поверхностных горизонтах вблизи порта (до 6 ПДК). Среднее содержание НУ в водах залива Гренфьорд составило 12.1 мкг/л.

Содержание неполярных алифатических и алициклических углеводородов (НАУ) и индивидуальных фенолов (алкил-, нитро- и хлорфенолов) в водах акватории было ниже предела чувствительности метода анализа, что не позволяло их идентифицировать.

Только в 5 % отобранных проб было зафиксировано содержание фенолов. Наиболее высокие значения были отмечены в прибрежной части вблизи расположения портовых сооружений и места впадения ручья Гладдален в 2004 и 2007 годах (2.5 мкг/л).

Ниже предела чувствительности методики определения более чем в 70 % проб было содержание синтетических поверхностно-активных веществ

(СПАВ). Максимальные значения суммарной концентрации СПАВ отмечены весной 2003 и 2010 года в поверхностных прибрежных водах (до 36.0 мкг/л). Среднее значение СПАВ, за исследуемый период, составило около 6 мкг/л.

Во всех пробах морской воды за весь период наблюдений содержание летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) находилось на уровне ниже чувствительности методики определения.

#### *Полициклические ароматические углеводороды*

Из 16 исследуемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морских водах залива были зафиксированы содержания: нафталина и фенантрена – в 74-88 % проб; флуорантена – в 47 % проб; флуорена и флуорантена – в 32 % проб; процент обнаружения остальных идентифицированных ПАУ не превышал 25 %.

Интервалы и средние значения концентраций соединений группы ПАУ, а также их суммарной величины в пробах морских вод приведены в таблице 3.10.

Наиболее высокие концентрации идентифицированных ПАУ были обнаружены преимущественно в прибрежной части обследованной. Необходимо также отметить тенденцию понижения уровней содержания сумм ПАУ с увеличением глубины.

Таблица 3.10 - Интервалы и средние значения концентраций соединений группы ПАУ в пробах морских вод, нг/л.

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Нафталин	<0.2	35	1.44	<0.2	954	36.43
Аценафтилен	<0.2	7.0	0.12	<0.2	26.0	0.32
Флуорен	<0.5	212	7.51	<0.5	24.8	1.05
Аценафтен	<0.5	72	1.62	<0.5	5.50	0.04
Фенантрен	<0.01	1109	9.44	<0.01	54.1	3.87
Антрацен	<0.02	16	1.14	<0.02	56.4	0.50
Флуорантен	<0.1	251	6.23	<0.1	20.4	1.58
Пирен	<0.1	416	3.22	<0.1	14.8	0.82
Бенз/а/антрацен	<0.01	118	1.30	<0.01	78.9	4.03
Хризен	<0.03	22	0.35	<0.03	13.5	0.28
Бенз/б/флуорантен	<0.02	69	0.54	<0.02	5.22	0.17
Бенз/к/флуорантен	<0.01	13.8	0.45	<0.01	2.50	0.11
Бенз/а/пирен	<0.05	56	0.59	<0.05	1.38	0.04
Дибенз/аh/антрацен	<0.05	22	0.33	<0.05	6.15	0.08
Индено/123cd/пирен	<0.05	2329	72.7	<0.05	1.90	0.02
Бенз/ghi/перилен	<0.05	35.	1.44	<0.05	1.20	0.03
Сумма ПАУ	<0.05	3230	71	<0.05	1048	49.2

#### *Хлорорганические соединения*

Из хлорорганических соединений (ХОС) в пробах морской фиксировано наличие полихлорбензолов, пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ и ПХБ. Закономерностей распределения данных веществ группы ХОС по глубине морских вод не выявлено. Наиболее часто встречались пестициды ГХЦГ и ДДТ отмечены в свыше 60 и 50 % проанализированных проб, соответственно. Максимальные концентрации идентифицированных пестицидов составляли:  $\alpha$ -

ГХЦГ – до 7.5 нг/л, β-ГХЦГ – до 3.8 нг/л гексахлорбензол – до 2.0 нг/л, γ-ГХЦГ – до 15.5 нг/л, 4.4ДДЕ – до 17.3 нг/л, 2.4ДДТ – до 9.0 нг/л, 4.4ДДТ – до 17.0 нг/л.

В период наблюдений 2002 года суммарное содержание соединений группы ДДТ в поверхностных водах мористой части залива на траверзе свалки отходов превышали установленные для них ПДК в 1.5 раза, суммарные концентрации соединений ДДТ и ГХЦГ в других районах акватории находились в допустимых пределах, либо были близки к нулю.

За весь период исследований из 15 исследуемых индивидуальных ПХБ с различной частотой обнаружения зафиксированы все конгенеры. Наиболее часто встречались #28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #138, #153, они были обнаружены более чем в половине обработанных проб.

Значения суммы ПХБ варьировалось от 0.05 до 7.87 нг/л. Максимальные значения наиболее часто фиксировались в прибрежной части залива в районах портовых сооружений и вблизи впадения ручья Гладдален.

Интервалы и средние значения суммарных концентраций ХОС в пробах морских вод приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Интервалы и средние значения суммарных концентраций ХОС в пробах морских вод, нг/л.

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Сумма ХБ	<0.05	3.05	0.12	<0.05	1.20	0.04
Сумма ГХЦГ	<0.05	18.6	0.78	<0.05	14.5	0.49
Сумма ДДТ	<0.05	38.4	1.58	<0.05	9.66	0.53
Сумма ПХЦД	<0.05	0.91	0.06	<0.05	0.86	0.05
Сумма ПХБ	<0.05	7.87	1.80	<0.05	7.35	1.52

### *Тяжелые металлы*

Концентрации контролируемых тяжелых металлов в морских водах залива изменялись в достаточно широком диапазоне (таб. 3.12).

Таблица 3.12 - Интервалы и средние значения концентраций тяжелых металлов (мкг/л) в пробах морских вод

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Железо	<0.5	128	7.76	<0.5	15.9	5.40
Марганец	<0.5	101	3.68	<0.5	11.0	1.97
Цинк	<0.5	21.3	5.47	<0.5	18.7	4.29
Медь	<0.5	6.30	1.47	<0.5	4.40	1.03
Никель	<0.5	21.0	1.95	<0.5	15.7	1.31
Кобальт	<0.05	4.40	0.66	<0.05	1.91	0.53
Свинец	<0.1	1.39	0.50	<0.1	1.20	0.39
Кадмий	<0.07	2.12	0.12	<0.07	0.21	0.06
Хром	<0.02	2.20	0.42	<0.02	1.69	0.39
Ртуть	<0.0005	0.06	0.00	<0.0005	0.05	<0.0005
Мышьяк	<0.005	0.50	0.01	<0.005	0.33	0.01
Олово	0.05	0.60	0.16	0.05	0.66	0.14

Наиболее опасные тяжелые металлы – ртуть и мышьяк, встречались в менее 20 % всех отобранных проб. Прибрежная зона характеризуется повышенным содержанием ТМ, в 2004 году были отмечены максимальные значения содержания железа, марганца, меди и никеля. На остальной акватории залива распределение содержания ТМ имеет равномерный характер и значительно ниже ПДК.

### 3.4 Донные отложения

При изучении экологического состояния природной среды арх. Шпицберген производилось исследование проб донных отложений отобранных из залива Гренфьод, озера Биенда-Стемме и реки Грендалсельва. Всего было исследовано 133 пробы морских, 35 озерных и 18 речных донных отложений.

#### 3.4.1 Морские 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.

##### *Характеристика донных отложений*

В связи с влиянием на загрязнение донных отложений залива материкового стока, включающего выпуски сточных вод весьма заметно, их состояние рассматривалось отдельно для прибрежной части с глубинами до 25 метров и для более глубоководной части залива с глубинами свыше 25 метров.

Донные отложения залива Гренфьорд представлены илами, илистыми песками и песками с примесью гальки и гравия. В прибрежной части залива с глубинами до 10 м. доля пелитовой фракции (диаметр частиц  $<0.01$  мм) варьировалась от 7% до 65%; алевроитовой фракции (диаметр частиц 0.1-0.01 мм) - от 10% до 43%, песка (диаметр частиц 1-0.1 мм) - от 10 % до 62%, гравия (диаметр частиц 10-1 мм) - от 0% до 20%, гальки (диаметр частиц  $>10$  мм) - от 0% до 12%. Донные отложения в прибрежной зоне представлены песчаными илами и илистыми песками. В глубоководной части залива, доля пелитовой фракции варьировалась от 15% до 72%; алевроитовой фракции - от 5% до 45%, песка - от 2% до 70%, гравия - от 0% до 28%, гальки - от 0% до 5%. Донные

отложения здесь представлены илами сероватого цвета с примесью песка и гравия. Влажность илов изменялась от 30% до 40%, влажность песков – от 26% до 30%.

Значения концентраций минеральных форм азота в морских донных отложениях изменялись в прибрежной части в пределах: нитритный азот – от 30.2 до 134 мг/кг (среднее – 85 мг/кг), нитратный азот – от 114 до 1420 мг/кг (среднее – 425 мг/кг), аммонийный азот – от 76 до 380 мг/кг (среднее – 149 мг/кг). Концентрации общего азота изменялись в пределах от 574 до 2200 мг/кг (среднее – 1112 мг/кг).

В глубоководной части залива концентрация минеральных форм азота изменялась в пределах: нитритный азот – от 14.8 до 180 мг/кг (среднее – 75 мг/кг), нитратный азот – от 73 до 324 мг/кг (среднее – 149 мг/кг), аммонийный азот – от 41 до 141 мг/кг (среднее – 86,8 мг/кг). Концентрации общего азота изменялись в пределах от 521 до 833 мг/кг (среднее – 618 мг/кг).

Содержание минерального и общего фосфора в донных отложениях прибрежной части изменялось в пределах от 27 до 4775 мг/кг (среднее – 639 мг/кг) и от 67 до 5230 мг/кг (среднее – 763 мг/кг) соответственно, в глубоководной части изменялись в диапазоне от 8 до 1654 мг/кг (среднее – 188 мг/кг) и от 26 до 1937 мг/кг (среднее – 267 мг/кг) соответственно

Наибольшие концентрации биогенных элементов были обнаружены в илистом песке прибрежного участка залива, подверженного влиянию сточных вод с прилегающей территории и коммунально-бытовых стоков.

#### *Уровни содержания загрязняющих веществ*

В донных отложениях прибрежной части залива концентрации нефтяных углеводородов (НУ) изменялись от 18.7 до 231 мг/кг (среднее - 90 мг/кг). Максимальные концентрации зафиксировались в районе причалов пос. Баренцбург. Частота обнаружения НУ в прибрежной части составляла 91% . В более глубокой мористой части залива значимые концентрации НУ зафиксированы в 85% проб, в диапазоне от <2 до 234 мг/кг, максимальная



концентрация отмечена в 2011 г в центральной части обследуемой акватории напротив портового погрузочного комплекса.

Содержания неполярных алифатических и алициклических углеводородов (НАУ) и индивидуальных фенолов (алкил-, нитро- и хлорфенолов) в морских донных отложениях залива были ниже пределов обнаружения методов анализа этих веществ ( $<1.0$  мг/кг и  $<10.0$  мкг/кг соответственно).

Синтетические поверхностно-активных вещества (СПАВ) были отмечены в менее 20 % всех отобранных проб в прибрежной и глубоководной частях.

Значимое содержание фенола зафиксировано в 56% проб в мористой части и в 74% проб в мелководной части. В мористой части концентрация фенола изменялась от  $<10.0$  мкг/кг до 41.7 мкг/кг (среднее – 10 мкг/кг), в мелководной части содержание фенола было значительно выше и изменялось от  $<10.0$  мкг/кг до 112 мкг/кг (в среднем – 21 мкг/кг).

Из списка исследуемых ПАУ в пробах донных отложениях залива идентифицированы все 16 соединений, включая бенз(а)пирен. Частота обнаружения индивидуальных ПАУ варьировалась от 30 % (аценафтен, аценафтен) до 100 % (нафталин, пирен). Суммарное содержание ПАУ в донных отложениях прибрежной части изменялось от 4.4 до 4675 мкг/кг (среднее значение – 737 мкг/кг), в мористой части залива – от 2.7 до 3382 мкг/кг (среднее – 442 мкг/кг). Максимальные концентрации суммарных ПАУ и большинства индивидуальных ПАУ в период с 2002 по 2012 годы фиксировались в районе расположения портового комплекса и ТЭЦ

Содержание соединений ПАУ в донных отложениях прибрежной и глубоководной частях залива представлено в табл. 3.13.

Таблица 3.13 - Интервалы и средние уровни содержания ПАУ в донных отложениях залива Гренфьорд за период 2002 - 2013 годов, мкг/кг

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Нафталин	0.08	1648	303	0.20	1208	168
Аценафтилен	<5.0	54.4	3.55	<5.0	23.6	1.06
Флуорен	<2.0	186	43.2	<2.0	136	20.2
Аценафтен	<5.0	21.8	1.27	<5.0	7.99	0.50
Фенантрен	<0.5	1073	169	<0.5	872	91.3
Антрацен	<0.2	1788	113	<0.2	1240	99.6
Флуорантен	<1.0	91.7	17.8	<1.0	111	9.83
Пирен	<1.0	157	28.0	<1.0	134	15.9
Бенз/а/антрацен	<0.1	107	8.27	<0.1	77.2	4.34
Хризен	<0.3	74.6	12.8	<0.3	59.3	6.36
Бенз/б/флуорантен	<0.2	213	21.7	<0.2	123	15.9
Бенз/к/флуорантен	<0.1	14.9	3.09	<0.1	11.0	2.41
Бенз/а/пирен	<0.5	18.2	4.05	<0.5	11.3	2.47
Дибенз/аh/антрацен	<0.5	11.2	1.28	<0.5	5.62	0.63
Индено/123cd/пирен	<0.5	11.4	1.31	<0.5	3.52	0.41
Бенз/ghi/перилен	<0.5	29.5	4.99	<0.5	12.8	3.20
сумма пау	4.44	4675	737	2.78	3382	442

В морских донных отложениях были зафиксированы следующие хлорорганические соединения: хлорбензолы, пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, а также ПХБ. Из соединений класса полихлорциклодиенов обнаружен только гептахлор, в менее 10% всех отобранных проб.

Из соединений хлорбензолов (ХБ) фиксировался пентахлорбензол в прибрежной части залива в 56% проб, гексахлорбензол в 72% отобранных проб;

в морской части значимые концентрации пентахлорбензола отмечены в 62%, гексахлорбензоа в 71% проб. Сумма концентраций полихлорбензолов изменялась в прибрежной части от <0.05 до 12.2 мкг/кг и в мористой части от <0.05 до 3.09 мкг/кг.

Пестициды группы ГХЦГ в донных отложениях прибрежной части залива фиксировались: - а-ГХЦГ в 74% проб, b и g-ГХЦГ в 45% отобранных проб; в отложениях глубоководной части - а-ГХЦГ в 69% проб, b- и g -ГХЦГ в 36% проб. Максимальное содержание  $\Sigma$  ГХЦГ в прибрежных отложениях достигало 1.34 мкг/кг, в отложениях мористой части 0.97 мкг/кг.

Пестициды группы ДДТ в донных отложениях прибрежной части залива фиксировались: - 2.4 ДДЕ в 54% проб, 4.4-ДДЕ – 87%, 2.4 ДДД – 37%, 4.4 ДДД – 78%, 2.4 ДДТ – 52% и 4.4 ДДТ – 89 % отобранных проб. В мористой части пестициды группы ДДТ фиксировались: 2.4 ДДЕ в 55% проб, 4.4-ДДЕ – 91%, 2.4 ДДД – 48%, 4.4 ДДД – 69%, 2.4 ДДТ – 45% и 4.4 ДДТ – 97 % отобранных проб. Максимальное содержание общее содержание представителей группы ДДТ в прибрежных отложениях достигало 6.16 мкг/кг, в мористой части – 28 мкг/кг.

Максимальные концентрации большинства исследованных ХОС отмечались в донных отложениях прибрежной части залива. Максимальные концентрации А-ГХЦГ (1.18 мкг/кг), гептахлора (0.47 мкг/кг), 2.4-ДДЕ (0.34 мкг/кг), 4.4-ДДЕ (0.47 мкг/кг), 2.4 ДДД (0.64 мкг/кг), 4.4 ДДД (15 мкг/кг), 2.4-ДДТ (1.26 мкг/кг) наблюдались в илистых песках в районе впадения ручья в северной части Баренцбурга; максимальные концентрации b-ГХЦГ (0.68 мкг/кг) и 4.4-ДДТ (14 мкг/кг) – в илистом песке, отобранном у причалов поселка. В этом районе зафиксирована также максимальная суммарная концентрация конгенов ПХБ (168 мкг/кг).

Из индивидуальных ПХБ в донных отложениях наиболее часто фиксировались следующие конгены: #28, #31, #52, #99, #101 #105, #118, #128, #138, #153, #156, #170, #180.

Содержание суммарных соединений ХОС в донных отложениях прибрежной и глубоководной частях залива представлено в табл. 3.14.

Таблица 3.14 - Интервалы и средние уровни содержания ХОС в донных отложениях залива Гренфьорд за период 2002 - 2013 годов, мкг/кг.

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Сумма ХБ	<0.05	12.2	0.77	<0.05	3.09	0.51
Сумма ГХЦГ	<0.05	1.34	0.37	<0.05	0.97	0.26
Сумма ДДТ	<0.05	32.4	3.36	<0.05	28.2	2.78
Сумма ПХЦД	<0.05	1.08	0.04	<0.05	1.12	0.03
Сумма ПХБ	<0.05	169	12.2	<0.05	180	9.45

Максимальные концентрации большинства контролируемых тяжелых металлов и мышьяка наблюдались в донных отложениях прибрежной части залива. Среднемноголетние уровни содержания ТМ, в прибрежной и глубоководной частях залива, отличаются незначительно, что указывает на незначительное поступление ТМ металлов с прилегающей территории рудника. Характер изменчивости содержания тяжелых металлов в донных отложениях прибрежной и глубоководной частей залива представлен в таблице 3.15.

Таблица 3.15 - Содержание тяжелых металлов в донных отложениях залива, мг/кг.

Параметр	Прибрежная часть			Центральная часть		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Железо	3900	35747.	19517	2500	38900	19532
Марганец	34.9	230	103	33.40	280	100
Цинк	24.8	102	53.9	22.10	83.9	50.1
Медь	5.08	28.3	16.6	5.70	24.6	17.0
Никель	6.88	35.8	17.8	6.27	31.2	18.2
Кобальт	1.19	13.1	5.21	2.14	11.8	5.41
Свинец	2.94	18.6	11.0	0.66	17.2	10.0
Кадмий	0.01	0.80	0.16	0.01	0.50	0.11
Хром	5.50	85.0	16.7	6.50	57.0	14.2
Ртуть	<0.0005	0.22	0.04	<0.0005	0.22	0.04
Мышьяк	<0.005	15.2	7.03	<0.005	20.0	7.08
Олово	0.65	4.00	1.64	0.79	1.52	1.12

#### 3.4.2 Озерные донные отложения

Донные отложения озера Биенда-Стемме в основном представлены илистыми песками с примесью гальки и гравия. В части озера, расположенной южнее истока р. Бленнадален, донные отложения представлены илом серого цвета с примесью песка. В озере доля пелитовой фракции (диаметр частиц <0.01 мм) варьировалась от 7% до 73%; алевритовой фракции (диаметр частиц 0.1-0.01 мм) - от 8% до 41%, песка (диаметр частиц 1-0.1 мм) - от 2% до 62%, гравия (диаметр частиц 10-1 мм) - от 0% до 25%, гальки (диаметр частиц >10 мм) - от 0% до 16%. Влажность илов изменялась от 30% до 40%.

Полученные значения концентраций минеральных форм азота в озерных донных отложениях изменялись в следующих пределах: нитритный азот – от

21 до 33 мг/кг (среднее – 28 мг/кг), нитратный азот – от 102 до 891 мг/кг (среднее – 335 мг/кг), аммонийный азот – от 68 до 124 мкг/г (среднее – 86 мкг/г). Концентрации общего азота изменялись в пределах от 748 до 1560 мг/кг (среднее – 986 мг/кг).

Концентрации минерального и общего фосфора в проанализированных донных отложениях в озере изменялись в пределах от 17.0 до 33.0 мг/кг (среднее – 26мг/кг) и от 65.0 до 90.0 мг/кг (среднее – 78 мг/кг) соответственно.

#### *Уровни содержания загрязняющих веществ*

В 27% отобранных проб озерных донных отложений концентрации нефтяных углеводородов (НУ) были ниже предела обнаружения метода анализа (<2.0 мг/кг), в остальных изменялись от 2 до 76 мг/кг. Максимальная концентрация зафиксирована в 2008 г. и связана с локальным загрязнением при выполнении ремонтных работ на насосной станции.

Содержания неполярных алифатических и алициклических углеводородов (НАУ), индивидуальных фенолов (алкил-, нитро- и хлорфенолов) и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) в озерных отложениях были ниже пределов обнаружения методов анализа этих веществ (<1.0 мг/кг, <10.0 мкг/кг и <25 мг/кг соответственно). Значимое содержание фенола зафиксировано в 6 % проб и достигало 57.5 мкг/кг.

Из списка приоритетных ПАУ в пробах озерных отложениях идентифицированы все 16 соединений, включая бенз(а)пирен. Суммарное содержание ПАУ изменялось от 0.1 до 435 мкг/кг (среднее значение – 91 мкг/кг). Максимальная концентрация  $\Sigma$  ПАУ 435 мкг/кг отмечена в 2002 году. Максимальная концентрация нафталина в озерных отложениях составила 214 мкг/кг, аценафтилена – 3.02 мкг/кг, флуорена – 11.2 мкг/кг, фенантрена – 143 мкг/кг, антрацена – 19.0 мкг/кг, флуорантена – 25.0 мкг/кг, пирена – 37.8 мкг/кг, бенз(а)антрацена – 32.0 мкг/кг, хризена – 28.0 мкг/кг, бенз(б)флуорантена – 99.0 мкг/кг, бенз(к)флуорантена – 6.4 мкг/кг, бенз(а)пирена – 5.8 мкг/кг, дибенз(аh)антрацена – 10.2 мкг/кг, индено/123cd/

пирена – 6.80 мкг/кг, бенз/ghi/перилена – 41.6 мкг/кг. Интервалы и средние уровни содержания ПАУ представлены в таб. 3.5.4.

Из анализируемого списка хлорорганических соединений (ХОС) в донных отложениях фиксировались хлорбензолы, пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, а также ПХБ. Из соединений класса полихлорциклодиенов в озерных отложениях гептахлор зафиксирован в 10% проб, трансноахлор- в 3.2% проб. В озерных отложениях значимые концентрации пентахлорбензола отмечены в 58%, гексахлорбензола в 80% проб. Сумма концентрации полихлорбензолов в озерных отложениях изменялась от <0.05 до 0.61 мкг/кг.

Пестициды группы ГХЦГ в отложениях фиксировались: - а-ГХЦГ в 58% проб, b-ГХЦГ в 29% и g-ГХЦГ в 90% проб. Максимальное содержание  $\Sigma$  ГХЦГ в отложениях достигало 0.73 мкг/кг.

В озерных отложениях пестициды группы ДДТ фиксировались: 2.4 ДДЕ в 52% проб, 4.4-ДДЕ – 83%, 2.4 ДДД – 13%, 4.4 ДДД – 61%, 2.4 ДДТ – 38% и 4.4 ДДТ – 61 % отобранных проб. Максимальное содержание  $\Sigma$  ДДТ достигало 48 мкг/кг в 2012 году.

Максимальные концентрации b-ГХЦГ (0.16 мкг/кг), g-ГХЦГ (0.43 мкг/кг), 2.4-ДДЕ (6.7 мкг/кг), 4.4 ДДД (9.22 мкг/кг), 2.4-ДДТ (8.0 мкг/кг), 4.4 ДДТ (20.8 мкг/кг) зафиксированы в илистом песке, отобранном у водозабора на озере Биенда-Стемме. На этой точке опробования фиксировалась также максимальная концентрация  $\Sigma$  15 конгенов ПХБ (185 мкг/кг). Суммарное содержание основных групп пестицидов приведено в табл. 3.16.

В донных отложениях озера Биенда-Стемме отмечены следующие максимальные содержания ТМ: железа – 36546 мг/кг, марганца – 3160 мг/кг, цинка – 135 мг/кг, меди – 170 мг/кг, никеля – 74.0 мг/кг, кобальта – 31.6 мг/кг, свинца – 26.5 мг/кг, кадмия – 0,41 мг/кг, хрома – 111 мг/кг, олова – 2.15 мг/кг, ртути – 0.18 мг/кг, мышьяка – 7.50 мг/кг (табл. 3.16).

### 3.4.3 Речные донные отложения

Донные отложения в устье реки Грендалсэльва представлены илистыми песками с примесью гравия и гальки. Доля пелитовой фракции варьировалась от 0% до 65%; алевритовой фракции - от 12% до 41%, песка - от 12% до 64%, гравия - от 1% до 54%, гальки - от 0% до 10%. Влажность илов изменялась от 22% до 24%.

В речных отложениях концентрация минеральных форм азота изменялась в пределах: нитритный азот – от 12 до 28 мг/кг (среднее – 20 мг/кг), нитратный азот – от 246 до 280 мг/кг (среднее – 262 мг/кг), аммонийный азот – от 134 до 163 мг/кг (среднее – 152 мг/кг). Концентрации общего азота изменялись в пределах от 846 до 900 мг/кг (среднее – 882 мг/кг). Концентрации минерального и общего фосфора в проанализированных донных отложениях изменялись в пределах от 32.0 до 44.0 мг/кг (среднее – 38.0 мг/кг) и от 76.0 до 95.0 мг/кг (среднее – 88.0 мг/кг) соответственно.

#### *Уровни содержания загрязняющих веществ.*

В реке Грендалсэльва значимые концентрации НУ зафиксированы в 83% проб, в диапазоне от 2 до 137 мг/кг, максимальная концентрация отмечена в 2010 г. в точке, расположенной выше по течению реки в 3 км от устьевого створа.

Содержания неполярных алифатических и алициклических углеводородов (НАУ), индивидуальных фенолов (алкил-, нитро- и хлорфенолов) и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) в речных донных отложениях залива были ниже пределов обнаружения методов анализа этих веществ (<1.0 мг/кг, <10.0 мкг/кг и <25 мг/кг соответственно). Значимое содержание фенола зафиксировано в 5% проб и изменялось от <10.0 мкг/кг до 30.6 мкг/кг.

В пробах речных донных отложениях идентифицированы все 16 соединений ПАУ, включая бенз(а)пирен.  $\Sigma$  концентраций ПАУ в речных отложениях изменялись от 2.22 до 2451 мкг/кг (среднее – 379 мкг/кг).



Максимальные концентрации суммарных ПАУ и большинства индивидуальных ПАУ фиксировались в разные годы в илистых песках, отобранных в устье р. Грендалсэльва. Максимальная концентрация нафталина в речных отложениях составила 300 мкг/кг, афценафтилена – 17.6 мкг/кг, флуорена – 33.1 мкг/кг, фенантрена – 613 мкг/кг, антрацена – 15.6 мкг/кг, флуорантена – 126 мкг/кг, пирена – 210 мкг/кг, бенз(а)антрацена – 43.1 мкг/кг, хризена – 39.2 мкг/кг, бенз(б)флуорантена – 98.1 мкг/кг, бенз(к)флуорантена – 12.0 мкг/кг, бенз(а)пирена – 30.6 мкг/кг, дибенз(аh)антрацена – 22.9 мкг/кг, индено/123cd/пирена – 26.3 мкг/кг, бенз/ghi/перилена – 661 мкг/кг. Диапазон и средние уровни ПАУ приведены в табл. 3.5.4

Из анализируемого списка хлорорганических соединений (ХОС) в донных отложениях фиксировались хлорбензолы, пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, а также ПХБ. Из соединений класса полихлорциклодиенов обнаружено единичное присутствие гептахлора в речных отложениях.

Пентахлорбензол фиксировался в отложениях в 56% проб, гексахлорбензол в 94% отобранных проб.  $\Sigma$  полихлорбензолов в речных отложениях изменялась от 0.07 до 0.33 мкг/кг.

Пестициды группы ГХЦГ в речных донных отложениях фиксировались: - а-ГХЦГ в 75% проб, b и g-ГХЦГ в 25 и 62% отобранных проб соответственно. Максимальное содержание  $\Sigma$  пестицидов ГХЦГ в речных отложениях достигало 1.42 мкг/кг.

Пестициды группы ДДТ в речных отложениях фиксировались: - 2.4 ДДЕ в 44% проб, 4.4-ДДЕ – 81%, 2.4 ДДД – 6%, 4.4 ДДД – 37%, 2.4 ДДТ – 31% и 4.4 ДДТ – 75 % отобранных проб. Максимальное содержание  $\Sigma$  ДДТ в речных отложениях достигало 1.19 мкг/кг (табл. 3.5.4)

Максимальные концентрации а-ГХЦГ (1.25 мкг/кг), 4.4-ДДЕ (0.24 нг/г), 2.4 ДДД (0.07 мкг/кг) наблюдались в илистом песке устьевой части р. Грендалсэльва. Здесь же фиксировалась также максимальная концентрация суммарного содержания 15 конгенов ПХБ (3.73 мкг/кг).

Максимальные концентрации тяжелых металлов составляли в речных отложениях железа – 44722 мг/кг, марганца – 597 мг/кг, цинка – 104 мг/кг, меди – 30.3 мг/кг, никеля – 49.4 мг/кг, кобальта – 21.3 мг/кг, свинца – 22.0 мг/кг, кадмия – 0.27 мг/кг, хрома – 98.0 мг/кг, олова – 2.08 мг/кг, ртути – 0.16 мг/кг, мышьяка – 14.0 мг/кг.

Сравнительная характеристика изменчивости концентраций загрязняющих веществ в донных отложениях реки Грендалсэльва и оз. Биенда-Стемме представлена в табл. 3.16.

Таблица 3.16 - Интервалы и средние уровни содержания ЗВ в донных отложениях озера Биенда-стеммев и р. Грендалсэльва за период 2002 - 2013 годов.

Параметр	оз. Биенда-стеммев			р. Грендалсэльва		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Суммарные НУ, мкг/г	<0.05	75.6	20.4	<0.05	137	45.8
Сумма ХБ, нг/г	<0.05	0.61	0.16	<0.05	0.33	0.15
Сумма ГХЦГ, нг/г	<0.05	0.73	0.22	<0.05	1.42	0.22
Сумма ДДТ, нг/г	<0.05	48.0	5.14	<0.05	1.19	0.31
Сумма ПХЦД, нг/г	<0.05	0.22	0.01	<0.05	0.15	0.01
Сумма ПХБ, нг/г	<0.05	185	19.9	<0.05	3.73	1.44
Железо, мкг/г	4560	36546	22232	4360	44722	25485
Марганец, мкг/г	52.3	3160	527	74.5	596	276
Цинк, мкг/г	<0.5	134	75.9	<0.5	103	69.7
Медь, мкг/г	<0.5	170	37.8	<0.5	30.3	20.8
Никель, мкг/г	<0.5	73.9	27.4	<0.5	49.4	28.7
Кобальт, мкг/г	<0.05	31.6	9.31	<0.05	21.3	7.66
Свинец, мкг/г	4.06	26.5	14.8	4.02	22.0	13.6
Кадмий, мкг/г	0.00	0.41	0.21	0.00	0.27	0.14
Хром, мкг/г	6.23	110	20.6	9.20	98.0	19.6
Ртуть, мкг/г	<0.0005	0.18	0.03	<0.0005	0.16	0.03
Мышьяк, мкг/г	<0.005	7.50	4.80	<0.005	14.0	5.31
Олово, мкг/г	0.53	2.15	1.22	0.00	2.08	0.95

### 3.5 Поверхностные воды суши

Исследования загрязнения водных объектов в районе Баренцбурга проводились на реке Грендалсэльва и озере Биенда-Стемме. Выбранные объекты различаются условиями питания, площадью водосбора, расположением относительно поселка, хозяйственным освоением.

Озеро Биенда-Стемме расположено в межгорной котловине, южный берег озера подпирает морена ледника Веринг. Площадь зеркала озера – 0.013 км<sup>2</sup>, площадь водосбора – 5.2 км<sup>2</sup>, максимальный объем озера составляет 516 тыс. м<sup>3</sup>, длина озера - 595 м., ширина - 377 м, максимальная глубина - 12.8 м, средняя глубина - 3.2 м. Берега озера пологие, южный берег – приглубый. Озеро ледникового происхождения, расположено в пригляционной зоне ледника Веринг. Озеро закрыто с северо-запада склонами отрогов водоразделов Фребольдрюгген, с южной стороны склоном ледника Веринг, и только с восточной стороны открыто для ветрового воздействия. Поверхностный приток в основном осуществляется с ледника Вадеборг в западную часть озера за счет верховодки в теплое время года. В зимний период все ручьи перемерзают, за исключением ручья Водозаборного. Сток из озера в летний период осуществляется через перелив ригеля (восточная часть) ручья Васстак и за счет фильтрационного потока (юго-восточная часть) в ручей Водозаборный. Ручей Васстак вытекает из озера Биенда-Стемме в восточной части, длина ручья 3.3 км., впадает в залив Гренфьорд [40]. Вода озера используется для водоснабжения Баренцбурга, на озере находится насосная станция обеспечивающая подачу воды для поселка.

Река Грендалсэльва расположена южнее поселка, длина реки составляет 22 км, площадь водосбора бассейна - 98 км<sup>2</sup>. Река берет начало с ледника Тавлее, оледенение представлено небольшими долинными и каровыми ледниками, занимающими 13% площади водосбора реки. Река имеет очень большое количество притоков, дренирующих склоны гор по обеим сторонам

речной долины. Питание водотока смешанное (ледники, поверхностный сток и разгрузка грунтовых вод), с преобладающим влиянием поверхностного стока.

Режим стока воды в р. Грендалсэльва зависит от реакции ледников на метеорологические условия, существенное влияние оказывает выпадение интенсивных осадков. Сток взвешенных наносов формируется преимущественно за счет эрозионных процессов в гидрографической сети приледниковой зоны и, в меньшей степени, за счет смыва почвогрунтов с поверхности водосборов (склоновая эрозия). Высокое количество взвеси в крупных реках является характерной чертой Шпицбергена, поскольку большая часть территории архипелага, не покрытая ледниками, не имеет растительного и почвенного покрова и горные потоки дренируют суглинистый грунт [41].

Количество взвешенных наносов в реке тесно связано с режимом стока [42]. При одинаковых расходах летом мутность воды возрастает в результате обнажения и оттаивания пород деятельного слоя на склонах и моренных отложениях у ледников. Приледниковая зона служит одним из основных поставщиков взвешенных наносов [43,44].

Основными источниками загрязнений, поступающих в поверхностные воды суши в районе Баренцбурга, являются добыча, переработка и иное использование каменного угля, опосредствованно и/или прямо влияющие на качество пресной воды. Изучение состава поверхностных вод озера Биенда-Стемме, используемого для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения поселка проводилось, начиная с 2002 г, мониторинг реки Грендалсэльва проводится с 2003 года.

Содержание синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) в речных водах находилось в пределах от  $<10$  до 42.0 мкг/л, значимые уровни содержания зафиксированы в 33% отобранных проб, в водах озера значимые концентрации СПАВ достигали значения 64. 0 мкг/л и отмечены в 15% проб. Концентрации неполярных алифатических углеводородов (НАУ) в речных водах и в озерных водах достигало 5 мкг/л.

Концентрации *индивидуальных фенолов* (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов) в водах озера и реки были ниже предела обнаружения (0.5 мкг/л), что не позволяло их надежно идентифицировать.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в поверхностных водах озера Биенда-Стемме находилось в интервале от нижнего предела обнаружения до 120 мкг/л. Суммарные НУ в водах озера зафиксированы в 63% отобранных проб. В речных водах за весь период наблюдения НУ фиксировались в 64 % проб, максимальные величины не превышали значения 44 мкг/л.

Частоты обнаружения соединений группы ПАУ в озерной воде составляли для: нафталина – 73 %; аценафтилен – 4%; флуорена – 24%; флуорантена – 20 %; фенантрена – 46 %; антрацена -9 %; флуорантена – 21%; пирена – 7 %; бенз(b)флуорантена+перилена – 37%, бенз(k)флуорантена – 9 %; бенз(a)пирена – 5; бенз/ghi/перилена – 3%. Соединения аценафтена, дибенз(ah)антрацена и индено(123cd)пирена не были обнаружены. Суммарное содержание соединений группы ПАУ в озере изменялось от 0.5 до 713 нг/л.

В водах р. Грендалсэльва ниже предела обнаружения находились содержания аценафтилена, аценафтена, антрацена, бенз(a)антрацена, хризена, бенз(a)пирена, дибенз(ah)антрацена, индено(123cd)пирена, бенз/ghi/перилена. Частоты обнаружения остальных соединений ПАУ составляли для: нафталина – 58 %; аценафтилена 19%, аценафтена 3%, антрацена-19%, бенз(a)антрацена8, хризена22, флуорантена – 44 %; фенантрена – 50 %; флуорена – 17%, пирена – 28 %; бенз(b)флуорантена+перилена – 28%, бенз(k)флуорантена – 17 % бенз(a)пирена, дибенз(ah)антрацена, индено(123cd)пирена и бенз/ghi/перилена 11%. Суммарное содержание соединений группы ПАУ изменялось от 0.5 до 406 нг/л.

Концентрации соединений группы ПАУ в озерной и речной воде представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17. - Интервалы и средние уровни содержания ПАУ в поверхностных водах суши в районе расположения пос. Баренцбург за период 2002-2013 гг., нг/л.

Параметр	оз. Биенда-Стемме			р. Грендалсэльва		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Нафталин	<1.0	642	23.2	<1.0	152	11.0
Аценафтилен	<5.0	10.8	0.12	<5.0	3.00	0.43
Флуорен	<2.0	20.5	1.49	<2.0	5.40	0.36
Аценафтен	<5.0	<5.0	0.00	<5.0	2.00	0.06
Фенантрен	<0.5	58.8	3.75	<0.5	22.0	4.50
Антрацен	<0.2	2.10	0.10	<0.2	66.0	5.34
Флуорантен	<1.0	6.80	0.47	<1.0	7.50	1.46
Пирен	<1.0	5.46	0.16	<1.0	46.0	4.64
Бенз/а/антрацен	<0.1	26.0	16.7	<0.1	1.00	0.07
Хризен	<0.3	3.00	0.09	<0.3	1.20	0.19
Бенз/б/флуорантен	<0.2	2.00	0.26	<0.2	69.0	6.35
Бенз/к/флуорантен	<0.1	2.00	0.10	<0.1	58.0	5.32
Бенз/а/пирен	<0.5	2.00	0.07	<0.5	27.0	2.22
Дибенз/аh/антрацен	<0.5	<5.0	0.00	<0.5	24.0	2.15
Индено/123cd/пирен	<0.5	<5.0	0.00	<0.5	79.0	7.49
Бенз/ghi/перилен	<0.5	2.00	0.04	<0.5	1.00	0.09
Сумма ПАУ	<0.5	713	46.7	<0.5	406	51.6

Результаты исследований уровней содержания хлорорганических соединений (ХОС) в водах озера показали, что в оз. Биенда-Стемме регулярно фиксировались пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, хлорбензолы, а также ПХБ. Уровни содержания октахлорстирола, и практически всех пестицидов полихлорциклодиенового ряда - альдрина, гептахлора, гептахлорэпоксида,

фотомирекса, мирекса были ниже пределов обнаружения применяемого метода анализа.

Частота обнаружения значимых ХОС составляла для хлорбензолов– 41%, соединений группы ГХЦГ –70 % и ДДТ до 76 %.

Из 15 анализируемых индивидуальных ПХБ регулярно фиксировались конгенеры: #28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #138 и #153. Частота обнаружения значимых концентраций соединений группы ПХБ составляла 90 %. Максимальное значение суммарного содержания конгенов ПХБ было обнаружено весной 2003 года и достигало 3.26 нг/л.

В водах реки Грендалсэльва были фиксировались хлорбензолы, пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, а также полихлорированные бифенилы (ПХБ). Уровни содержания октахлорстирола, полихлорциклодиеновых пестицидов - альдрина, гептахлора, гептахлорэпоксида, транс-хлордана, цис-хлордана, цис-нонахлора, транс-нонахлора, фотомирекса, мирекса, а также изомеров и метаболитов ДДТ - 2.4 ДДД, 4.4 ДДД, были ниже пределов обнаружения применяемого метода анализа. Частота обнаружения значимых количеств ХОС составляла для соединений группы ГХЦГ – 50 %; для соединений группы ДДТ – 88 %, для хлорбензолов - 16%.

Максимальные концентрации пентахлорбензола и гексахлорбензола зафиксированы в 2010 г. Максимальные концентрации пестицидов группы ГХЦГ (0.85 нг/л) были обнаружены в 2003 году, группы ДДТ (0.92 нг/л) – в 2010 году. Из 15 индивидуальных ПХБ регулярно отмечались конгенеры: #28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #138 и #153. Частота обнаружения значимых концентраций этих соединений составляла 88 %. Максимальное суммарное содержание конгенов ПХБ – 2.7 нг/л было обнаружено в 2007 году

Рассматривая особенности содержания хлорорганических соединений, в водах реки и озера, следует обратить внимание на более низкие уровни в водах реки по сравнению с водами озера. Учитывая, что источниками поступления ХОС в воды озера и реки являются в основном процессы, связанные с дальним и ближним атмосферным переносом, в озере, где процессы водообмена



замедлены, существует значительно больший временной интервал для накопления ХОС по сравнению с речным потоком.

Концентрации соединений группы ХОС в озерной и речной воде представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18 - Интервалы и средние уровни содержания ХОС в поверхностных водах суши в районе расположения пос. Баренцбург за период 2002-2013 гг., нг/л.

Параметр	оз. Биенда-Стемме			р. Грендалсэльва		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Сумма ХБ	<0.05	2.57	0.12	<0.05	1.50	0.06
Сумма ГХЦГ	<0.05	23.1	0.70	<0.05	0.85	0.16
Сумма ДДТ	<0.05	4.06	0.27	<0.05	0.92	0.22
Сумма ПХЦД	<0.05	0.68	0.07	<0.05	0.21	0.02
Сумма ПХБ	<0.05	3.26	0.75	<0.05	2.7	0.79

Максимальные концентрации железа, свинца и кадмия в воде озера наблюдались осенью в 2003 году, в воде реки - в 2004 году. Максимумы концентраций цинка, меди, никеля и хрома отмечались в 2002 г. в воде озера, в реке концентрация хрома достигала наибольшей величины в 2004 г., цинка – в 2003г, концентрации никеля и меди были максимальны в 2010 г. Кобальт в наибольшей концентрации был зафиксирован в озере в 2004 г, а в реке – в 2008 г. Содержание марганца в воде озера достигало наибольшей величины в 2009 г, а в воде реки концентрация марганца резко возросла в 2010.

Концентрация ртути в озерных водах находилась, как правило, ниже предела обнаружения принятого метода анализа (<0.005 мкг/л), только в 8% проб отмечены значимые значения с максимумом до 0.012 мкг/л. В речных водах концентрация ртути достигла 0.01 мкг/л и идентифицировалась только в 2% проб, в остальных пробах находилась ниже предела обнаружения.

Полученные в ходе исследований уровни содержания тяжелых металлов в озере Биенда-Стемме хорошо согласуются с материалами регулярных наблюдений выполненных Мурманским УГМС на озерах Биенда-Стемме и Копань в аналогичные периоды [45]. Фоновый уровень содержания ТМ в водоемах о-ва Западный Шпицберген значительно превосходит фоновые уровни содержания металлов, характерные для водоемов расположенных на севере Европы [46], что связано с геологическими особенностями характерными для о-ва Западный Шпицберген, где в ходе проводимых в предыдущие годы геологи-разведочных работ были обнаружены проявления железа, цинка, свинца, меди и других металлов [27,47].

Уровни содержания ряда тяжелых металлов в реке Грендалсэльва (железо, медь, свинец, хром) сопоставимы с уровнями в озере, что указывает на одинаковые условия поступления этих загрязнителей в воды рассматриваемых объектов. В то же время, содержание марганца в речной воде (125 мкг/л) превышает на 2 порядка концентрацию марганца в озерной воде (1.58 мкг/л). Повышенное содержание марганца отмечается с 2007 года и вероятно, обусловлено изменением гидрологических и геологических условий и особенностей формирования подземного питания в районе долины и русла реки Грендалсэльва.

Одновременно, следует отметить большее загрязнение вод реки цинком, никелем и кадмием (в 1.5-3 раза по сравнению с озерными водами). Это, по-видимому, так же связано с геологическими характеристиками пород и грунтов водосбора реки, а также наличием в пределах водосбора горных выработок и отвалов пород, обеспечивающих дополнительное поступление ЗВ со склоновым и грунтовым стоком в русло реки, и со значительным различием в размерах водосборных площадей этих объектов и гидрогеологических особенностей водосборов.

Содержание тяжелых металлов в озерных и речных водах приведено в таб. 3.19.

Таблица 3.19 - Интервалы и средние уровни содержания ТМ в поверхностных водах суши в районе расположения пос. Баренцбург за период 2002-2013 гг., мкг/л.

Параметр	оз. Биенда-Стемме			р. Грендалсэльва		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Железо	<0.5	72.0	7.62	<0.5	35.6	6.53
Марганец	<0.5	6.80	1.31	<0.5	590	103
Цинк	<0.5	9.90	2.47	<0.5	13.2	2.91
Медь	<0.5	3.00	0.55	<0.5	2.20	0.54
Никель	<0.5	12.0	1.59	<0.5	23.0	4.45
Кобальт	<0.05	2.60	0.25	<0.05	2.52	1.19
Свинец	<0.1	1.71	0.46	<0.1	1.39	0.22
Кадмий	<0.07	0.50	0.05	<0.07	0.58	0.05
Хром	<0.02	2.61	0.23	<0.02	0.97	0.12
Ртуть	<0.0005	0.012	<0.0005	<0.0005	0.01	<0.0005
Мышьяк	<0.005	0.50	0.02	<0.005	<0.005	<0.005
Олово	<0.5	0.27	0.04	<0.5	0.29	0.08

Таким образом, сопоставляя уровни содержания растворенных и взвешенных загрязняющих веществ в озере и реке, можно отметить, что большое влияние на химический состав поверхностных вод оказывает тип питания водотоков и водоемов. Самым высоким общим содержанием загрязняющих веществ (растворенная форма и взвесь) характеризуются воды р. Грендалсэльва в питании которой значительную долю составляет поверхностный сток, в отличие от озера Биенда-Стемме где преобладающим типом питания является ледниковый сток. Содержание большинства токсичных элементов в растворенной форме загрязненных ручьев испытывающих влияние угледобывающей промышленности не намного превышает содержание элементов в ручьях не испытывающих прямое антропогенное воздействие.

### 3.6 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: нефтяных углеводородов (НУ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), тяжелых металлов (ТМ) и хлорорганических соединений (ХОС).

Согласно исследованиям института КНЦ РАН «Полярно-альпийский ботанический сад» [48] в районе Баренцбурга на различных геоморфологических структурах сформировались почвы относящиеся к типу серогумусовых (дерновых) арктотундровых почв.

Нефтяные углеводороды в пробах поверхностного слоя почв отмечались в среднем в 97% образцов, в нижележащем слое – в 91%. НУ с одинаковой частотой фиксировались в образцах почв, отобранных на территории как фонового, так и локального мониторинга. Суммарное содержание нефтяных углеводородов в поверхностном слое почвы (0 – 5 см) изменялось в пределах от <2 до 1590 мг/кг со средней величиной 187 мг/кг. В пробах нижележащего горизонта (5 – 20 см) диапазон значений составил от <2 до 1026 мг/кг при среднем значении 125 мг/кг. Наибольшие концентрации НУ были отмечены в 2003 и 2005 гг. в пробах, отобранных на территории поселка, на склоновой площадке ручья в районе расположения консульства, а также в 2009 году в районе складирования стройматериалов и горношахтного оборудования.

В пробах почв были обнаружены все 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов: нафталин, аценафтилен, флуорен, аценафтен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен+перилен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а, h)антрацен, индено(1,2,3-сd)пирен и бенз(г, h, i)перилен. Частота обнаружения большинства индивидуальных ПАУ изменялась от 66 до 100%, за исключением аценафтилена и аценафтена, которые были обнаружены менее

чем в 40% образцов почв. Полициклические ароматические углеводороды практически с одинаковой частотой фиксировались в пробах почвы, отобранных на территории фонового и локального мониторинга.

Суммарное содержание соединений группы ПАУ изменялось в пределах от 1.89 до 8140 нг/г (среднее значение 849 нг/г). Максимальные значения суммарного содержания ПАУ зафиксированы на площадках локального мониторинга в районе склада горношахтного оборудования и отвалов горных пород. Наименьшее загрязнение почв соединениями группы ПАУ отмечено на склонах берегов озера Биенда-Стемме.

Интервалы и средние значения содержания концентраций ПАУ в почвах представлены в таб.3.20.

Концентрации неполярных алифатических углеводородов (неполярных алканов) в пробах как поверхностного, так и нижележащего слоев почвы в 94-99% отобранных образцов находились ниже предела чувствительности применявшегося аналитического метода ( $<0.1$  нг/г), при этом в пробах, отобранных на фоновых территориях, за весь период наблюдений ни одно соединение группы ПАУ идентифицировано не было. Максимальные концентрации отдельных углеводородов достигали величин 3.50 и 0.98 нг/г, максимальные суммарные концентрации – 10.7 и 8.26 нг/кг в поверхностном и нижележащем слоях почвы соответственно. Наибольшие концентрации были отмечены в 2003 г. на склоновой площадке ручья в районе консульства на территории Баренцбурга и в 2009 г. в районе склада горношахтного оборудования.

Из всех определяемых хлорорганических соединений в пробах поверхностного слоя почв исследуемого района было зафиксировано наличие всех представителей групп полихлорбензола (пентахлорбензол, гексахлорбензол), пестицидов ГХЦГ и ДДТ и большая часть соединений группы полихлорциклодиенов за исключением - октахлорстирола и мирекса. Полихлорбензолы зафиксированы в различные годы в 96% образцов, пестициды группы ГХЦГ – в 97% образцов (наиболее часто встречались  $\alpha$ -

ГХЦГ- 86% и  $\beta$ -ГХЦГ – 90%) , пестициды группы ДДТ в 99% проб, полихлорциклодиены – в 23% образцов почвы.

Таблица 3.20 - Интервалы и средние значения концентраций полициклических ароматических углеводородов в пробах почв, нг/г.

Параметр	Руд. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Нафталин	<1.0	2533	310	<1.0	3203	174
Аценафтилен	<5.0	143	9.36	<5.0	164	4.85
Флуорен	<2.0	302	18.8	<2.0	484	10.3
Аценафтен	<5.0	198	6.41	<5.0	55.8	2.56
Фенантрен	<0.5	2238	248	<0.5	2414	128
Антрацен	<0.2	554	25.5	<0.2	232	8.71
Флуорантен	<1.0	3308	72.8	<1.0	599	23.5
Пирен	<1.0	1928	64.6	<1.0	421	29.1
Бенз(а)антрацен	<0.1	809	26.2	<0.1	80.6	8.43
Хризен	<0.3	485	27.7	<0.3	481	16.9
Бенз(б)флуорантен +перилен	<0.2	857	52.1	<0.2	157	21.5
Бенз(к)флуорантен	<0.1	281	17.1	<0.1	92.0	6.80
Бенз(а)пирен	<0.5	922	21.9	<0.5	159	8.06
Дибенз/аh/антрацен	<0.5	213	8.39	<0.5	55.3	4.14
Индено(1,2,3- cd)пирен	<0.5	1281	22.2	<0.5	76.3	6.42
Бенз(g, h, i)перилен	<0.5	730	24.3	<0.5	111	10.4
Сумма ПАУ	<0.5	12262	934	<0.5	8140	464

В нижележащем слое почв хлорорганические соединения были зафиксированы в следующем количестве отобранных образцов: хлорбензолы – в 93%;  $\alpha$ -ГХЦГ – 78%,  $\beta$ -ГХЦГ – 24% и  $\gamma$ -ГХЦГ – 72%; пестициды группы ДДТ в 95% (2.4ДДЕ, 4.4ДДЕ, 2.4ДДД, 4.4ДДД, 2.4ДДТ, 4.4ДДТ отмечены в более 60% проб); ПХЦД – 17% проб. Альдрин, октахлорстирол, цисхлордан и мирекс не были отмечены ни в одной пробе слоя почвы 5 – 20 см.

В среднем соединения групп полихлорбензолов, полихлорциклодиенов, ДДТ и ГХЦГ как в поверхностном, так и в нижележащем слое почв в 1.4 раза чаще отмечались в пробах, отобранных на территории локального мониторинга, чем в фоновых пробах.

Суммарное содержание полихлорбензолов в поверхностном слое почвенного покрова изменялось в пределах от 0.05 до 9.92 мкг/кг,  $\Sigma$ ПХЦД – от 0.05 до 15.3 мкг/кг,  $\Sigma$ ДДТ – от 0.05 до 92.3 мкг/кг,  $\Sigma$ ГХЦГ – от 0.05 до 8.28 мкг/кг. Средние суммарные концентрации хлорорганических загрязнителей в пробах поверхностного слоя почвы, отобранных в районах локального мониторинга, превышали таковые в пробах, отобранных на фоновых территориях, в следующих пропорциях:

- $\Sigma$ ПХЦД – в 2 раза;
- $\Sigma$ ХБ – в 3.6 раз;
- $\Sigma$ ДДТ – в 6.6 раз;
- $\Sigma$ ГХЦГ – в 2.2 раза.

Наибольшие суммарные концентрации групп ХОС в поверхностном слое почв были зафиксированы в пробах, отобранных на территории поселка и в районе вертолетной площадки. Повышенные средние содержания ХОС в поверхностном слое почв исследуемого района были отмечены в периоды 2002-2003 гг. и 2011-2012 гг.

Суммарное содержание полихлорбензолов в слое почвы 5 – 20 см находилось в пределах от <0.5 до 7.73 мкг/кг,  $\Sigma$ ПХЦД – от 0.05 до 5.84 мкг/кг,  $\Sigma$ ДДТ – от 0.05 до 54.3 мкг/кг,  $\Sigma$ ГХЦГ – от 0.05 до 12.4 мкг/кг. Средние

суммарные концентрации хлорорганических загрязнителей в пробах слоя почвы 5 – 20 см, отобранных в районах локального мониторинга, превышали таковые в пробах, отобранных на фоновых территориях, в следующих пропорциях:

- $\Sigma$ ПХЦД – в 2 раз;
- $\Sigma$ ХБ – в 2 раза;
- $\Sigma$ ДДТ – в 5 раза;
- $\Sigma$ ГХЦГ – в 10 раз.

Наибольшие суммарные концентрации соединений групп ГХЦГ и ДДТ в пробах слоя почв 5 – 20 см были отмечены в районе расположения вертолетной площадки, в окрестностях и на территории поселка Баренцбург в 2011-2012 гг.

Говоря о загрязнении почвенного покрова хлорорганическими пестицидами в целом, следует отметить наблюдавшиеся в 2003 году наибольшие за весь период исследований содержания изомеров ГХЦГ в обоих горизонтах почвенного покрова в районе вертолетной площадки. Это свидетельствует о существовавшем в данном районе значительном источнике локального загрязнения.

Из 15 контролируемых конгенов ПХБ в почвах обследованного района с различной частотой обнаружения были идентифицированы все соединения. В пробах слоя почв 0 – 5 см менее хлорированные ПХБ (#28-#153) отмечались в среднем в 77-98% отобранных образцов, более хлорированные (#156-#187) – в 52-63% проб. При этом в пробах, отобранных в районах локального мониторинга, полихлорбифенилы фиксировались в 1.6 раза чаще, чем в фоновых пробах. Наибольшее суммарное содержание полихлорбифенилов было зафиксировано в пробах, отобранных в районе расположения гидрометеорологической обсерватории на территории поселка Баренцбург в 2002 году. В среднем, концентрации индивидуальных ПХБ в пробах поверхностного слоя почв, отобранных на фоновых территориях, были в 4.7 раз ниже таковых в пробах, отобранных в районах локального мониторинга. Как и



в пробах поверхностного слоя почв, в пробах нижележащего горизонта почв полихлорбифенилы с меньшими молекулярными весами и с меньшим числом атомов хлора отмечались в отобранных образцах чаще (в 64-98% проб), чем более хлорированные (в 24-46% проб). Пробы почвы нижележащего горизонта отличались относительно пониженными концентрациями полихлорбифенилов. Концентрации индивидуальных ПХБ в пробах слоя почв 5 – 20 см, отобранных на фоновых территориях, были в среднем в 6 раз ниже таковых в пробах, отобранных в районах локального мониторинга. Наибольшее суммарное содержание ПХБ в нижележащем слое почвенного покрова было отмечено в 2011 году в районе расположения вертолетной площадки.

Многолетняя изменчивость содержания конгенов ПХБ в почвенном покрове в районе Баренцбурга (рис.3.13) характеризуется повышенными концентрациями за весь период на локальном полигоне и относительно незначительными колебаниями на фоновом полигоне.

В целом, наиболее высокие содержания отдельных конгенов ПХБ и их суммы были зафиксированы в 2002-2003 гг. и 2010-2012 гг. на территории пос. Баренцбург, а также в 2011 и 2012 г. в районе расположения вертолетной площадки. Следует отметить, что максимумы 2005 и 2007 отмеченные на локальном полигоне вероятно связаны с рядом пожаров на угольных отвалах рудника Баренцбург, которые происходили в это время.

Средние значения ХОС в пробах почвы представлены в таблице 3.21.

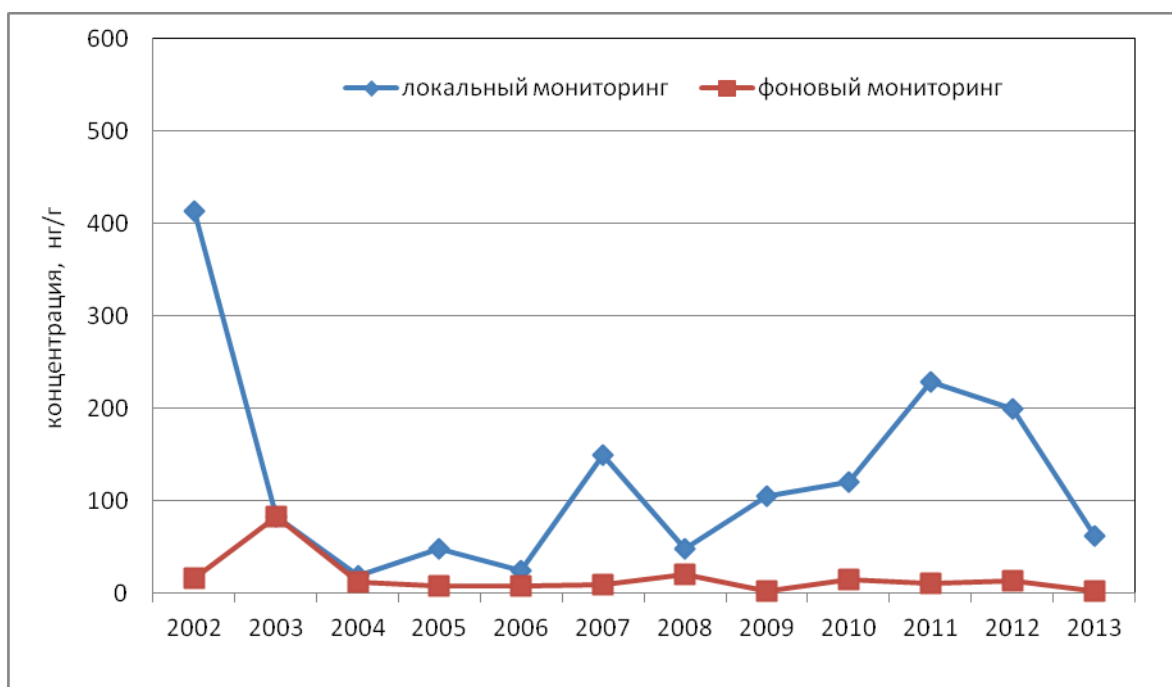


Рисунок. 3.13 - Многолетняя изменчивость содержания ПХБ в почвах в районе поселка и фоновом полигоне.

Таблица 3.21 - Интервалы и средние значения концентраций хлорорганических соединений в пробах почвенного покрова по данным локального и фонового мониторинга, нг/г сухого веса.

Параметр	Руд. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Сумма ХБ	<0.05	13.4	1.73	<0.05	4.37	0.50
Сумма ГХЦГ	<0.05	12.4	1.28	<0.05	8.28	0.57
Сумма ДДТ	<0.05	93.0	8.63	<0.05	27.7	1.47
Сумма ПХЦД	<0.05	15.3	0.44	<0.05	9.31	0.08
Сумма ПХБ	<0.05	873	77.6	<0.05	472	11.2

Максимальные концентрации ТМ в исследованных пробах составляли: для железа– 44939 мкг/г; для марганца– 3630 мкг/г; для цинка– 292 мкг/г; для меди– 202 мкг/г; для никеля– 50.1 мкг/г; для кобальта– 18.5 мкг/г; для свинца–

51.7 мкг/г; для кобальта – 0.41 мкг/г; для хрома– 65.1 мкг/г; для ртути– 0.3 мкг/г; для мышьяка– 11.1 мкг/г.

Средние значения ТМ в пробах почвенного покрова представлены в таблице 3.22.

Таблица 3.22 - Интервалы и средние значения концентраций ТМ в пробах почвенного покрова по данным локального и фонового мониторинга, мкг/г.

Параметр	Руд. Баренцбург			Точки фонового мониторинга		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Железо	890	44939	18910	7.56	95400	17481
Марганец	4.96	3630	216	15.0	3100	217
Цинк	18.5	292	65	22.3	95.4	49.2
Медь	12.7	539	29.1	5.47	36.4	18.7
Никель	7.20	52.8	19.4	3.94	32.5	15.9
Кобальт	1.08	17.8	6.53	1.11	35.0	6.41
Свинец	3.20	63.3	16.1	1.99	26.3	11.3
Кадмий	0.01	0.41	0.16	0.02	0.39	0.12
Хром	5.90	190	13.4	4.30	70.3	11.0
Ртуть	0.01	0.30	0.08	0.01	0.22	0.06
Мышьяк	1.00	13.4	5.69	1.10	32.0	5.47

Следует отметить, что значительных различий в содержаниях ТМ в пробах фонового и локального мониторинга не наблюдалось. В среднем, концентрации тяжелых металлов, как в поверхностном, так и подстиляющем горизонтах почв, в районах локального мониторинга превышали концентрации ТМ в почвах фоновых территорий всего в 1.2 раза. Это может либо являться следствием значительного повсеместного антропогенного загрязнения, либо объясняться повышенными фоновыми содержаниями тяжелых металлов.

Повышенные содержания ТМ в пробах почвенного покрова на территории всего исследуемого района наблюдались в 2002-2004 гг., а также в 2009 году. Наибольшему загрязнению тяжелыми металлами подвержены почвы поселка Баренцбург, а также районов расположения вертолетной площадки и склада горношахтного оборудования.

Особенности пространственного распределения содержания ЗВ в почвенном покрове характерных районов Баренцбурга представлены на рис. 3.14-3.15.

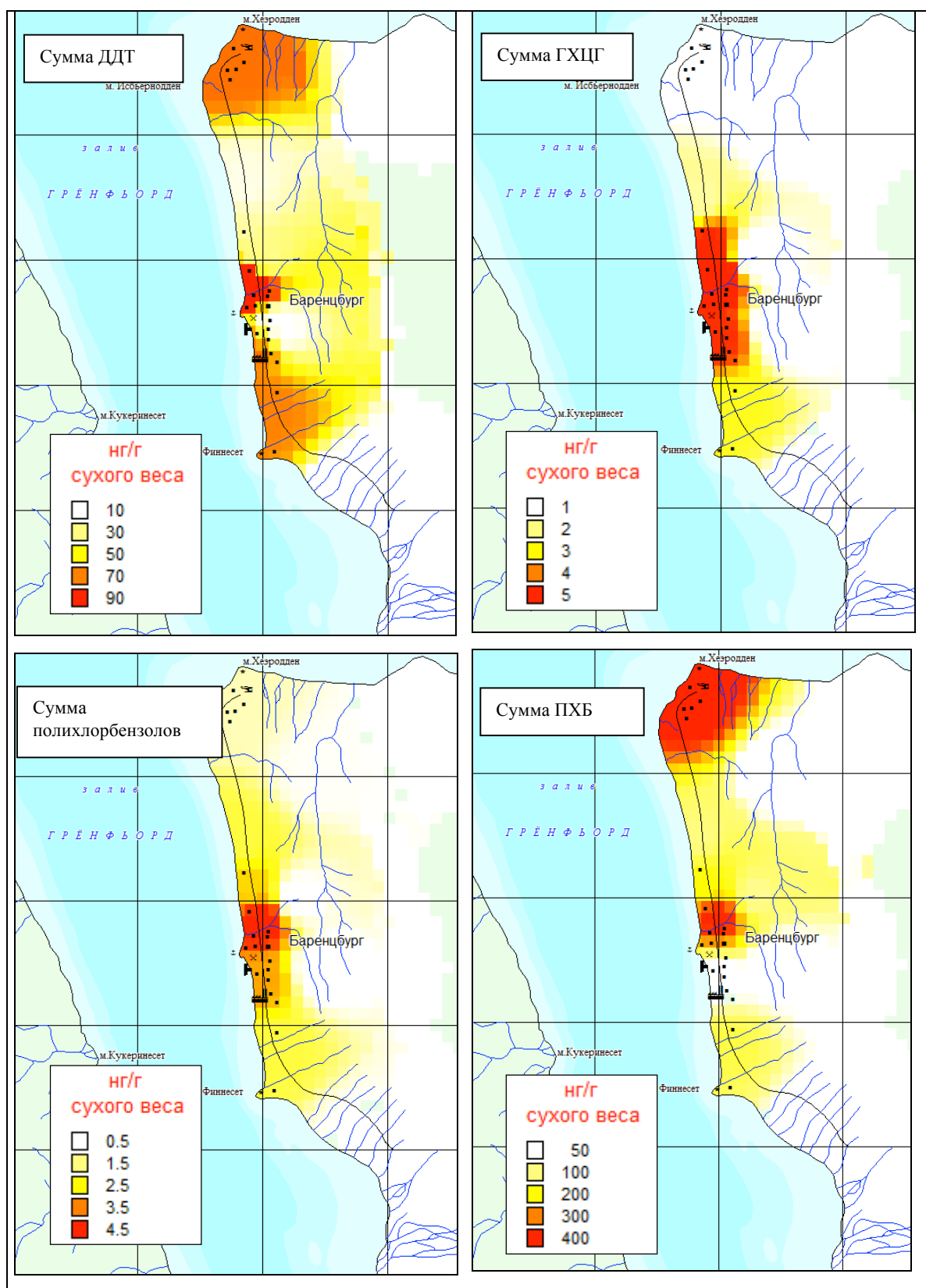


Рисунок 3.14 - Средние концентрации суммы ДДТ, суммы ГХЦГ, суммарных хлорбензолов и суммы конгенов ПХБ в почвах района расположения пос. Баренцбург за период 2002-2013 гг.

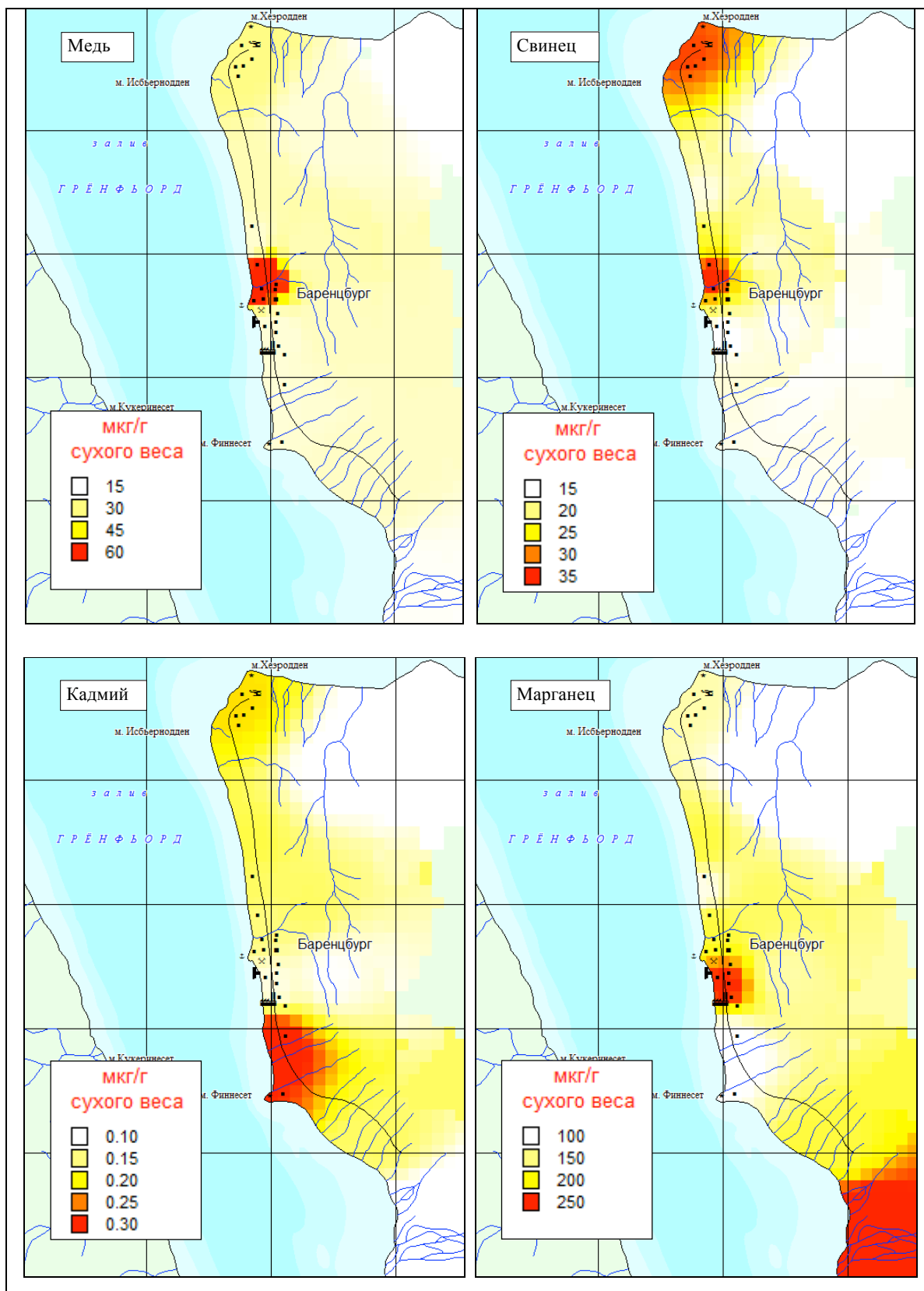


Рисунок 3.15 - Среднее содержание меди, свинца, кадмия и марганца в почвах района расположения пос. Баренцбург за период 2002-2013 гг.

### 3.7 Растительный покров

Растительный покров территории поселка и его окрестностей представлен мхами (*Aulacomnium turgidum*, *Racomitrium lanuginosum*, *Sphagnum lindbergii*, *Polytrichum commune* и др.), лишайниками (*Cetraria ericetorum*, *Cetraria islandica*, *Flavocetraria nivalis* и т.д.) и сосудистыми растениями-осоками (*Carex rotundata*, *C. rariflora*, *C. aquatilis*), пушицей (*Eriophorum russeolum*, *E. scheuchzeri*, *E. polystachion*), горцем змеиным (*Poligonum bistorta*), дудником дягилевым (*Archangelica norvegica*), лабазником вязолистным (*Filipendula ulmaria*), золотарником лапландским (*Solidago lapponica*), карликовой стелющейся ивой (*Salix polaris*, *Salix reticulata*) [13,49]. В пробах, отобранных на территории поселка и его окрестностей проводилось определение концентраций ПАУ, хлорорганических соединений (включая ПХБ) и тяжелых металлов (всего 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 [50], ниже приводятся сведения об уровнях содержания ЗВ, определенных для этих групп растений.

Из всего списка *полициклических ароматических углеводородов (ПАУ)* с различной частотой обнаружения в пробах *сосудистых растений* были зафиксированы все 16 контролируемых соединений: флуорантен был зафиксирован во всех исследованных образцах; фенантрен, антрацен, хризен, бенз(b)флуорантен+перилен и бенз(k)флуорантен были отмечены в 91-98% образцов; содержание нафталина, флуорена, пирена и бенз(a)антрацена было отмечено в 78-88% случаях; остальные соединения группы ПАУ (аценафтилен, аценафтен, бенз(a)пирена, бенз(g,h,i)перилен, дибенз(a,h)антрацен и индено(1,2,3-cd)пирен) были зафиксированы в 30-58% проб. В среднем, соединения группы ПАУ фиксировались в пробах сосудистых растений,

отобранных на фоновых территориях в 1.3 раза реже, чем в пробах, отобранных в районах производственной деятельности.

Суммарное содержание соединений группы ПАУ изменялось в следующих пределах: в пробах сосудистых растений от 5.95 до 1467 нг/г (среднее – 242 нг/г), у мхов – от 2.92 до 5397 нг/г (среднее 618 нг/г). Наибольшие суммарные концентрации ПАУ были зафиксированы в пробах растительного покрова, отобранных южнее поселка Баренцбург в районе горных отвалов.

Частота обнаружения практически всех индивидуальных соединений ПАУ в пробах мхов составила 90 - 100%. Исключение составили: бенз(g,h,i)перилен (84%), дибенз(a,h)антрацен (72%), индено(1,2,3-cd)пирен (69%), аценафтилен (78%) и аценафтен (59%). Как и в сосудистых растениях, соединения группы ПАУ в образцах мхов, отобранных на территории фонового мониторинга, встречались в 1.2 раза реже, чем в пробах, отобранных в районах локального мониторинга.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах растительного покрова зафиксировано наличие полихлорбензолов, полихлорциклодиенов, ПХБ и пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ. Из всех контролируемых хлорорганических соединений, в исследованных пробах не был зафиксирован только альдрин. Наиболее часто отмечались пестициды группы ДДТ (представлены во всех отобранных пробах), частота обнаружения соединений групп полихлорциклодиенов, полихлорбензолов и ГХЦГ варьировалась от 60 до 98 %.

Максимальные концентрации ХОС на локальном полигоне достигали: для суммы полихлорбензолов: во мхах – 4.05, в сосудистых растениях 1.68 нг/г; для суммы полихлорциклодиенов: во мхах – 11.0, в сосудистых растениях 4.82 нг/г; для суммы изомеров ГХЦГ: во мхах 10.8, в сосудистых растениях – 4.12 нг/г; для суммы метаболитов ДДТ: во мхах – 28.4 в сосудистых растениях – 12.9 нг/г.



На фоновом полигоне максимальные значения исследуемых компонентов зафиксированы на уровне: для суммы полихлорбензолов: во мхах – 3.84, в сосудистых растениях 2.13 нг/г; для суммы полихлорциклодиенов: во мхах 31.5, в сосудистых растениях 6.81 нг/г; для суммы изомеров ГХЦГ: во мхах 7.03, в сосудистых растениях – 2.87 нг/г; для суммы метаболитов ДДТ: во мхах – 49.5 в сосудистых растениях – 11.8 нг/г.

Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ конгенеры с классификационными номерами #28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #138 и #153 были идентифицированы во всех без исключения отобранных образцах мхов и сосудистых растений обследованного района. Реже всего в пробах растительного покрова отмечались конгенеры #18, #170, #183 и #187. Максимальные зафиксированные суммарные концентрации ПХБ в отобранных образцах составляли: во мхах – 666 нг/г, в сосудистых растениях – 155 нг/г.

Средние значения ХОС для каждой группы растительности представлены в таблице 3.23.

Следует отметить что, средние за весь период наблюдений концентрации ХОС в образцах сосудистых растений и мхах, отобранных в районах локального мониторинга, превышали таковые в пробах, отобранных на территории фонового мониторинга в 1.7 и 1.9 раза соответственно.

В целом, наибольшие суммарные концентрации хлорорганических соединений в сосудистых растениях и во мхах были отмечены на границе санитарно-защитной зоны поселка Баренцбург, на территории самого поселка и в районе расположения вертолетной площадки. Наименьшие содержания ХОС были отмечены в районе озера Биенда-Стемме.

Таблица 3.23 - Средние значения концентраций хлорорганических соединений в образцах сосудистых растений и мхов по данным локального и фонового мониторинга, нг/г сухого веса.

Показатель	Локальный мониторинг		Фоновый мониторинг	
	сосудистые растения	мхи	сосудистые растения	мхи
Сумма ХБ	0.75	1.76	0.64	0.98
Сумма ГХЦГ	1.32	2.30	0.80	1.11
Сумма ДДТ	3.12	7.35	1.94	3.72
Сумма ПХЦД	0.58	1.16	0.43	1.33
Сумма ПХБ	43.3	140	22.9	73.41

Во всех отобранных образцах растительности определялось содержание следующих тяжелых металлов: железа, марганца, цинка, меди, никеля, кобальта, свинца, кадмия, хрома, ртути и мышьяка. Максимальные их концентрации в исследованных пробах составляли: для железа во мхах – 7846 мкг/г, в сосудистых растениях – 1946 мкг/г; для марганца во мхах – 205 мкг/г, в сосудистых растениях – 123 мкг/г; для цинка во мхах – 76.3 мкг/г, в сосудистых растениях – 42.5 мкг/г; для меди во мхах – 16.7 мкг/г, в сосудистых растениях – 9.78 мкг/г; для никеля во мхах – 16.1 мкг/г, в сосудистых растениях – 7.85 мкг/г; для кобальта во мхах – 4.0 мкг/г, в сосудистых растениях – 1.2 мкг/г; для свинца во мхах – 10.4 мкг/г, в сосудистых растениях – 2.90 мкг/г; для кадмия во мхах – 0.34 мкг/г, в сосудистых растениях – 0.45 мкг/г; для хрома во мхах – 10.1 мкг/г, в сосудистых растениях – 4.34 мкг/г; для ртути во мхах – 0.09 мкг/г, в сосудистых растениях – 0.06 мкг/г; для мышьяка во мхах – 5.43 мкг/г, в сосудистых растениях – 1.26 мкг/г.

Средние значения ТМ для каждой группы растительности представлены в таблице 3.24.

Таблица 3.24 - Средние значения содержания тяжелых металлов в образцах сосудистых растений и мхов по данным локального и фонового мониторинга, мкг/г сухого веса.

Показатель	Локальный мониторинг		Фоновый мониторинг	
	сосудистые растения	мхи	сосудистые растения	мхи
Железо	1164	6241	1215	6513
Марганец	125	179	122	182
Цинк	30.3	46.7	35.0	46.1
Медь	13.0	21.7	8.09	13.7
Никель	7.76	14.2	5.0	11.1
Кобальт	1.22	2.76	0.71	2.49
Свинец	4.52	9.15	2.06	7.20
Кадмий	0.11	0.26	0.09	0.25
Хром	3.28	5.80	2.33	6.61
Ртуть	0.07	0.14	0.04	0.08
Мышьяк	0.92	2.60	0.70	2.82

Говоря о загрязнении растительного покрова в целом, можно отметить, что содержание ЗВ у растений, отобранных в точках локального мониторинга, в среднем, в 2.2 раза выше, чем у растений, отобранных в точках фонового мониторинга. Относительно более высокие концентрации загрязняющих веществ характерны для мхов, более низкие – для сосудистых растений.

Распределение содержания характерных загрязняющих веществ в почвах района пос. Баренцбург представлено на рисунках 3.16-3.18.

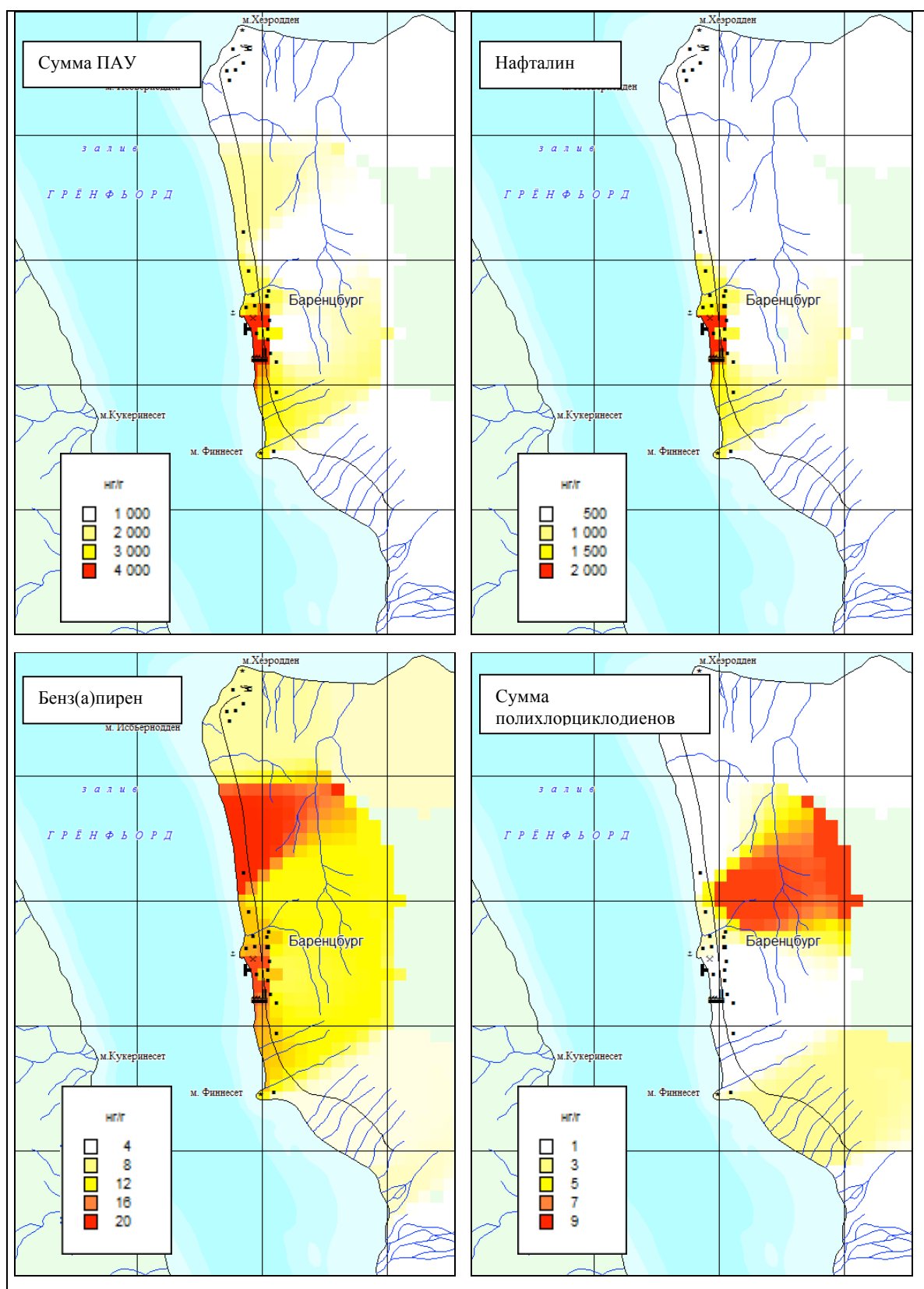


Рис. 3.16 – Распределение содержания суммы ПАУ, нафталина, бенз(а)пирена и суммы полихлорциклодиенов во мхах в районе расположения пос. Баренцбург за период 2003-2013 годов

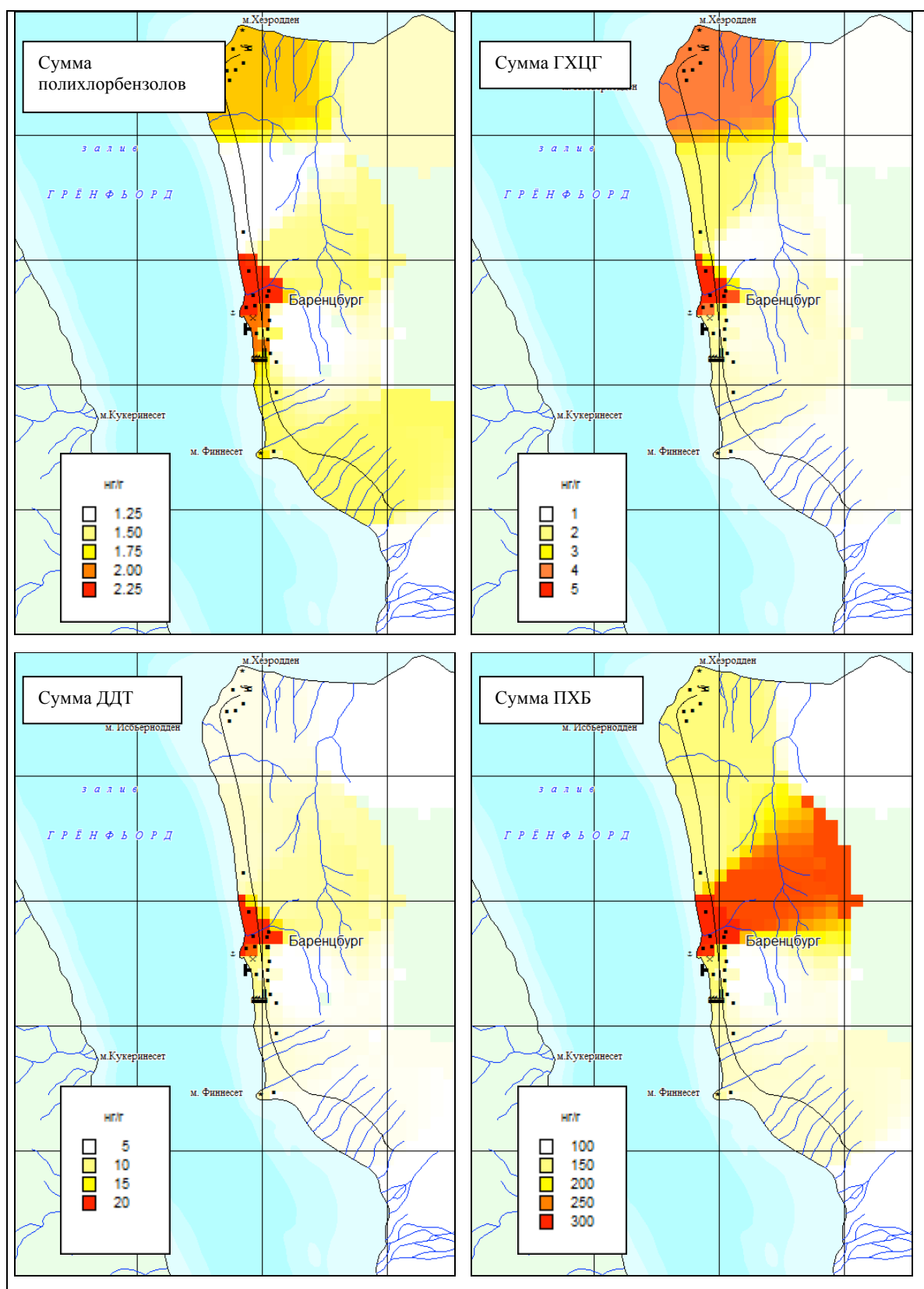


Рис. 3.17 - Распределение содержания суммарных хлорбензолов, суммы ГХЦГ, суммы ДДТ и суммы ПХБ во мхах в районе расположения пос. Баренцбург за период 2003-2013 годов

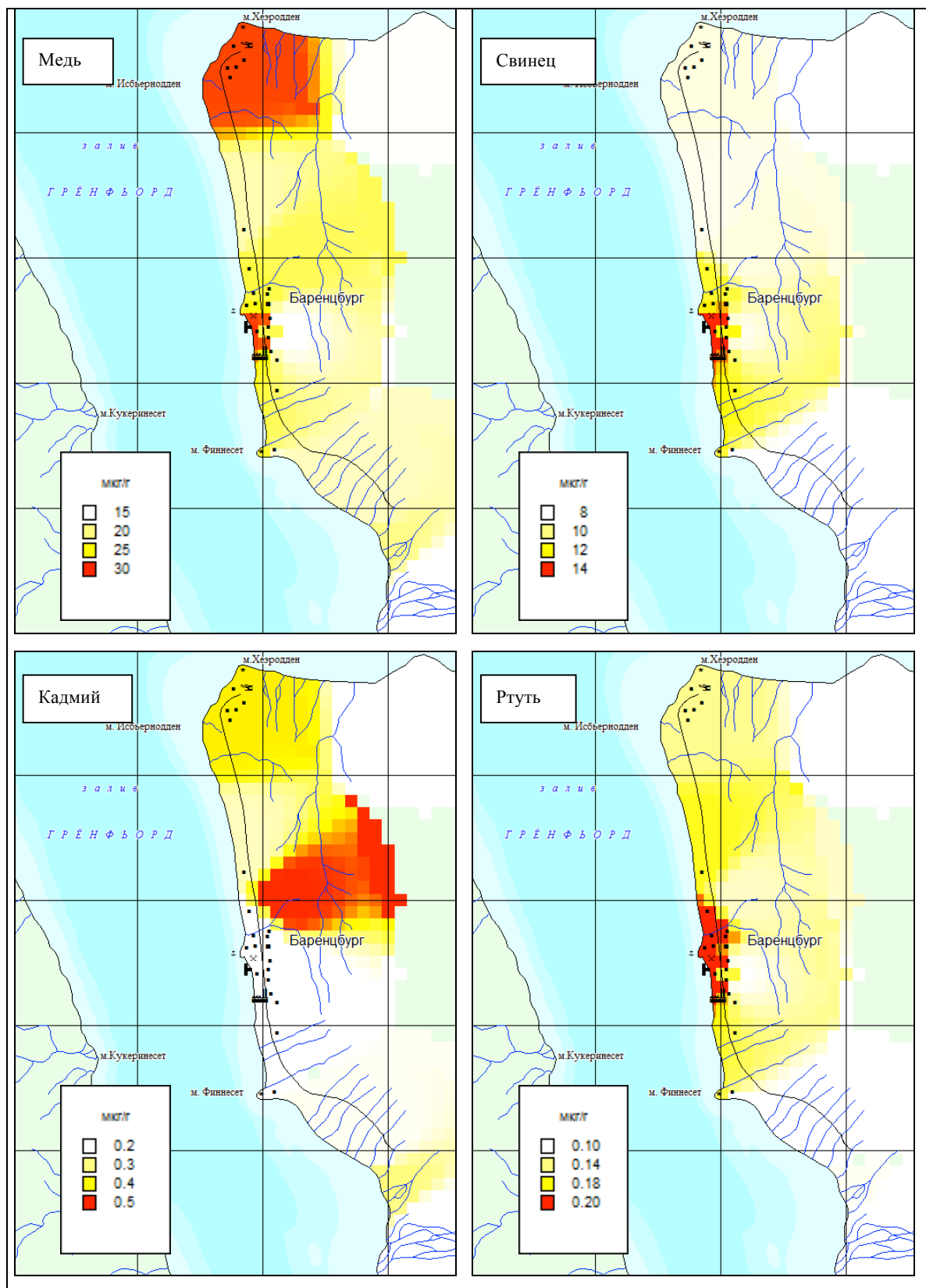


Рис. 3.18 - Распределение содержания меди, свинца, кадмия и ртути во мхах в районе расположения пос. Баренцбург за период 2003-2013 годов

## ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОСЕЛКА БАРЕНЦБУРГ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### 4.1 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 [51], ГН 2.1.6.2309-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест) [52], а также требования «Директивы Совета Европейского Союза 1999/34/ЕС от 22.04.1999 по стандартам загрязнения атмосферного воздуха»[29].

Согласно вышеперечисленным документам нормирование качества атмосферного воздуха проводится на основании значений ПДК (предельно-допустимых концентраций) для пыли, тяжелых металлов, газовых примесей (диоксида азота, диоксида серы, сероводорода, оксида углерода), легколетучих органических соединений (бензола, ксилола, толуола и этилбензола), а также для ряда ХОС и ПАУ. Присутствие в атмосферном воздухе населенных мест пентахлорбензола, гексахлорбензола, альдрина, антрацена и пирена оценивались по ориентировочно-безопасным уровням воздействия (ОБУВ).

По результатам проведенных исследований в период с 2002 по 2013год, 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.

По результатам наблюдений средние значения суммарного содержания ГХЦГ за весь период составили значение  $140 \text{ пг/м}^3$  на территории поселка и  $100 \text{ пг/м}^3$  на прилегающих районах. На локальном полигоне средние значения суммарного содержания составляли: для хлорбензолов -  $300 \text{ пг/м}^3$ , для пестицидов ДДТ –  $220 \text{ пг/м}^3$ , для конгенов ПХБ -  $850 \text{ пг/м}^3$ . На фоновом полигоне концентрации средних значений составляли: для хлорбензолов  $160 \text{ пг/м}^3$ , суммы ДДТ – от  $10 \text{ пг/м}^3$ , суммы ПХБ -  $720 \text{ пг/м}$ .

Согласно ряду исследований [32,35,36,53,54,55], характерные для арктических районов фоновые уровни содержания суммы ГХЦГ изменяются в диапазоне  $7\text{-}369 \text{ пг/м}^3$ , суммы хлорбензолов в диапазоне  $5\text{-}541 \text{ пг/м}^3$ , суммы ДДТ в диапазоне  $0.3\text{-}15 \text{ пг/м}^3$ , суммы ПХБ<sub>10</sub> в диапазоне от 3 до  $990 \text{ пг/м}^3$ . Таким образом, можно сделать вывод, что большинство средних значений ХОС полученных за период с 2002 по 2013 год хорошо согласуются с данными зарубежных исследователей и не являются критическими для арктического региона.

Относительно уровней содержания полициклических ароматических углеводородов, то максимальные измеренные концентрации наиболее опасных соединений группы ПАУ за период наблюдений достигали: для нафталина –  $71.0 \text{ нг/м}^3$ , для антрацена –  $13.0 \text{ нг/м}^3$ , для пирена –  $7.34 \text{ нг/м}^3$ , бенз/а/пирена  $0,58 \text{ нг/м}^3$ , что составляет сотые и тысячные доли ПДК и ОБУВ.

Уровни содержания цинка и мышьяка в атмосферном воздухе Баренцбурга и его окрестностей сопоставимы с концентрациями ТМ, характерными для других районов Арктики (табл. 4.1). В тоже время повышенный уровень содержания никеля, меди и свинца, как в самом поселке, так и фоновом полигоне, может свидетельствовать об особенностях распределения данных элементов, характерных для архипелага Шпицберген.



Таблица 4.1 - Содержание тяжелых металлов в атмосферном аэрозоле различных районов Арктики (средние), нг/м<sup>3</sup>.

Пункт наблюдений, период, источник информации	Zn	Ni	Cu	Pb	As
Станция Алерт, Канада [37]	3.88	0.25	1.52	2.15	-
Баренцбург 2002- 2013	3.39	2.20	2.78	2.82	0.25
Фоновые районы Арктики [32]	3.1	0.79	0.69	0.15	0.35

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 [56,57]. 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.

#### 4.2 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»[58].
- РД 52.23.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [59].

Оценки устойчивости и уровня загрязнения морских вод контролируемой акватории залива выполнялись на основе повторяемости (числе случаев) и кратности превышения ПДК нормируемых показателей загрязнения (таб. 4.2).

Таблица 4.2 - Сравнительная характеристика устойчивости и уровней загрязнения морских вод акватории залива Гренфьорд

Параметр	Прибрежная часть		Глубоководная часть	
	Число случаев превышения ПДК, %	Максимальная кратность превышения ПДК	Число случаев превышения ПДК, %	Максимальная кратность превышения ПДК
Азот нитритный	23	6.9	1	1.7
Фосфор фосфатный	10	7.0	1	1.3
Суммарные НУ	9	6.4	1	1.2
Фенол	4	2.5	0.5	1.2
Сумма ГХЦГ	1	1.9	0.5	1.5
Сумма ДДТ	3	3.9	-	-
Железо	1	2.6	-	-
Марганец	4	10.1	1	1.1
Медь	1	1.3	-	-
Цинк	5	2.13	1	1.9
Никель	4	2.1	1	1.6

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 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*), согласно [60].

Как показали расчеты, в прибрежной части за исследуемый период преобладали воды II класса качества – «чистые». В мористой части индекс ИЗВ в разные годы менялся от I класса – «очень чистые» до II класса, но среднее многолетнее значение составило значение 0.39, поэтому их также следует отнести ко II классу - «чистые».

В целом, воды обследованной акватории залива Гренфьорд, за период наблюдений с 2002 года по 2013 год, относятся ко II классу качества как «чистые» (рис.4.1).

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

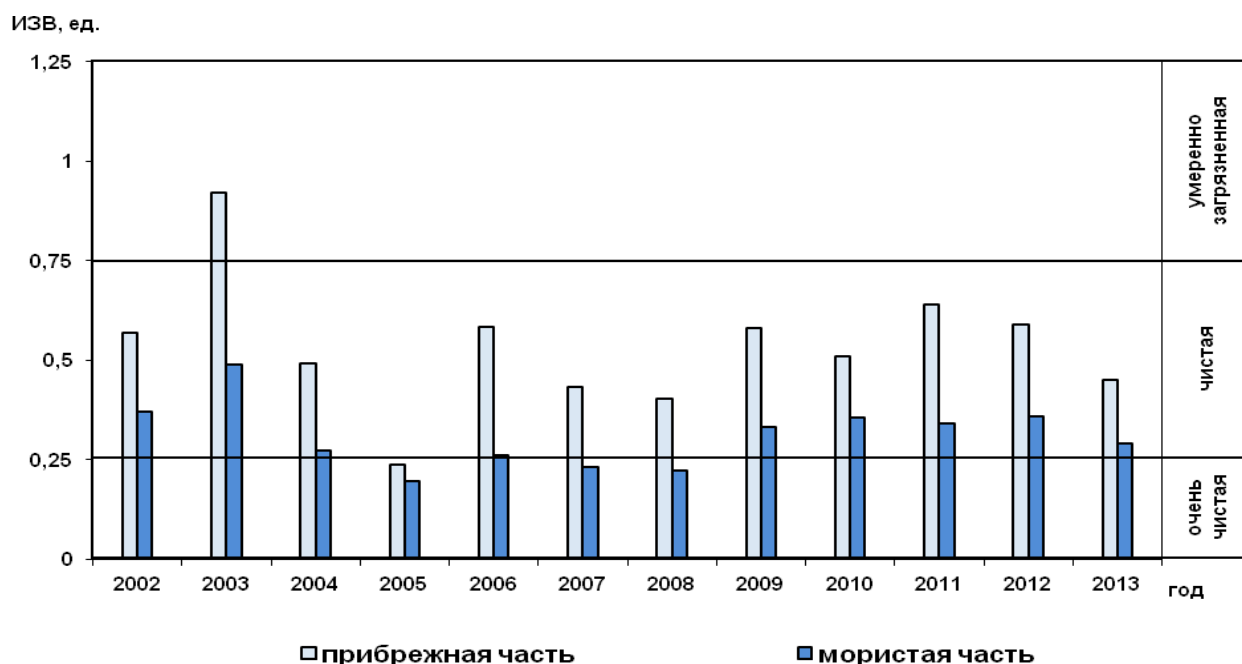


Рисунок 4.1 - Многолетняя изменчивость индекса загрязненности вод (ИЗВ) залива Гренфьорд

Сравнивая полученные результаты содержания ЗВ в водах залива Гренфьорд с данными АМАП (Arctic Monitoring and Assessment Programme) [32,36], 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 [61].

#### 4.3 Оценка степени загрязнения донных отложений

Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется. Поэтому оценку степени загрязненности донных отложений, более целесообразно производить в соответствии с международными нормативами на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ критериям «Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95» [62], которые имеют два уровня - это допустимая

концентрация (ДК) – когда содержание загрязняющих веществ не вызывает негативного прямого или косвенного влияния на природную среду и уровень требующий вмешательства (УВ) – грунты считаются токсичными и опасными.

Значения ДК и УВ для концентраций ЗВ в донных отложениях, нормируемых “Neue Niederlandische Liste” приведены в табл. 4.3.

Для оценки степени загрязнения донных отложений бенз/а/пиреном использовались рекомендации Р 52.24.581-97 «Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием природной среды в районах развития угледобывающей промышленности и сопутствующих производств»[63].

Таблица 4.3 - Допустимые уровни концентраций (ДК) и уровни вмешательства (УВ) контролируемых загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов в соответствии с международными нормами (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95).

Загрязняющие вещества	ДК	УВ	Загрязняющие вещества	ДК	УВ
Цинк, мкг/г	140	720	Сумма хлорфенолов, нг/г	—	10000
Медь, мкг/г	36	190	Сумма ГХЦГ, нг/г	—	2000
Никель, мкг/г	35	210	α-ГХЦГ, нг/г	2.5	—
Кобальт, мкг/г	20	240	β-ГХЦГ, нг/г	1.0	—
Свинец, мкг/г	85	530	γ-ГХЦГ, нг/г	0.05	—
Кадмий, мкг/г	0.8	12	Сумма ДДТ, нг/г	2.5	4000
Хром, мкг/г	100	380	Сумма ПХБ, нг/г	20	1000
Ртуть, мкг/г	0.30	10	Сумма хлорбензолов, нг/г	—	30000
Мышьяк, мкг/г	29	55	Пентахлорбензол, нг/г	2.5	5000
НУ, мкг/г	50	5000	Гексахлорбензол, нг/г	2.5	5000
Сумма ПАУ, нг/г	1000	40000	Альдрин, нг/г	2.5	—
Фенол, нг/г	50	40000			

#### 4.3.1 Оценка степени загрязнения морских донных отложений залива Гренфьорд

Донные отложения залива Гренфьорд характеризуются повышенным содержанием нефтепродуктов, превышения ДК 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 превышения 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 [64,65].

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 возрасла 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. Исследования проведенные норвежскими специалистами в поселках Лонгьер и Нью-Алесун подтверждают наличие



повышенного содержания ПХБ в донных отложениях архипелага Шпицберген и связывают его с наличием местных источников [66,67,68]. 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[69,70,71].

Содержание тяжелых металлов в целом не превышало ДК, за исключением единичных случаев за весь период наблюдения, когда содержание никеля и кадмия в прибрежных донных отложениях достигло ДК.

Для оценки степени загрязнения донных отложений бенз(а)пиреном использовались критерии приведенные в Р 52.24.581-97 “Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием природной среды в районах развития угледобывающей промышленности и сопутствующих производств” (Табл. 4.4) [63].

Таблица 4.4 - Характеристика степени загрязненности грунтов бенз(а)пиреном.

Объект	Единица измерения	ПДК	Степень загрязненности		
			умеренная	значительная	высокая
Грунт	мкг/кг	20	<20-30	31-100	Более 100

За весь период наблюдения в донных отложениях залива Гренфьорд не выявлено ни одного случая превышения ПДК по содержанию бенз(а)пирена. Максимальные значения наблюдались в мелководной части залива и не превышали значения в 18 нг/г сухого веса, что соответствует 0.9 предельно допустимой концентрации. Таким образом, согласно Р 52.23.581-97 прибрежную и центральную часть акватории можно охарактеризовать «умеренной» степенью загрязнения бенз(а)пиреном.

В целом, можно отметить, что морские донные отложения залива Гренфьорд за период с 2002 по 2013 годы характеризуются умеренным уровнем загрязнения. Основной вклад в загрязнение донных отложений вносят нефтепродукты, пестициды 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.

#### 4.3.2 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 [69,72,73].

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.

Речные и озерные донные отложения в 2002-2013 годах согласно рекомендациям Р 52.24.581-97 характеризуются «умеренной» степенью загрязнения бенз(а)пиреном.

В целом, вклад техногенной составляющей в формирование уровней концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях поверхностных водоемах в районе Баренцбурга незначителен. Уровни концентрации ЗВ характеризуются значениями, близкими к региональному фону. 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 водоёмов рассматриваемого района и сопоставимых районах Арктики [32,37,74], в целом, подтверждают приведенную выше оценку.

#### 4.4 Оценка качества поверхностных вод суши

Оценка качества воды производилась по гигиеническим нормативам и нормативам питьевого и хозяйственно-бытового водопользования проводилась для вод озера Биенда-Стемме, основного источника централизованного водоснабжения Баренцбурга.

Качество поверхностных вод суши при различных видах хозяйственной деятельности, которые могут оказывать или оказывают неблагоприятное воздействие на их состояние, а также при отведении в водотоки и водоемы всех категорий водопользования сточных вод и поверхностного стока, регламентируется гигиеническими требованиями и нормативами, содержащимися в ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и дополнения ГН 2.1.5.2280-07 [75] и ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» с дополнением ГН 2.1.5.2312-08 [76]. Дополнительно к вышеперечисленным нормативным документам для оценки качества поверхностных вод суши использовалась нормативы качества воды,

установленные «Директивой Совета Европейского Союза 98/83/ЕС от 3.11.98 по качеству воды, предназначенной для потребления человеком» [77].

За весь период наблюдений (2002-2010 г.г.) 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.

Для оценки уровня антропогенной нагрузки на водные биоценозы и связанного с этим рыбохозяйственного ущерба и степени деградации водоемов описываемого района, как рыбохозяйственных водных объектов использовались действующие нормативные документы Роскомвод 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» [58].

В озере Биенда-Стемме за весь период исследований согласно нормам ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов отмечены единичные случаи превышений по содержанию нефтепродуктов – до 2.4 ПДК, фенолу – до 1.1 ПДК, железа – до 1.4 ПДК, никеля – до 1.2 ПДК, ртути – до 1.3 ПДК, содержанию сумм ГХЦГ до 2.3 ПДК и ПХБ до 2.1 ПДК.

Оценка устойчивости и уровня загрязнения воды озера Биенда-Стемме выполнялась на основе повторяемости случаев и кратности превышения ПДК (табл. 4.5).

Таблица 4.5 - Сравнительная характеристика устойчивости и уровней загрязнения воды оз. Биенда-Стемме за период 2002-2013 годов по нормируемым гидрохимическим показателям.

Показатель	Число случаев превышения ПДК. %	Кратность превышения ПДК
НУ	1	2.4
Фенол	1	1.1
Сумма ГХЦГ	2	2.3
Сумма ПХБ	4	2.1
Железо	1	1.4
Никель	3	1.2

Таким образом, воды озера Биенда-Стемме с точки зрения устойчивости и уровня загрязнения характеризуются единичными загрязнениями низкого уровня по содержанию фенола, железа и никеля и среднего уровня по содержанию НУ, суммы ГХЦГ и суммы ПХБ.

Для расчета комплексной оценки загрязненности воды озера использовались методические указания РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»[59].

Расчитанные значение удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) за весь период наблюдения позволяют классифицировать воды озера Биенда-Стемме как «условно-чистые» (1-й класс).

Согласно рыбохозяйственным нормативам в воде р. Грендалсэльва за весь период наблюдений отмечалось превышение ПДК по содержанию, марганца – до 59 ПДК и бенз/а/пирена -до 5.4ПДК.

С точки зрения оценки устойчивости и уровня загрязнения на основе повторяемости случаев и кратности превышения (табл. 4.6) можно сделать вывод , что воды реки Грендалсэльва имеют характерное загрязнение очень высокого уровня марганцем и неустойчивое загрязнение среднего уровня бенз/а/пиреном

Таблица 4.6 - Сравнительная характеристика устойчивости и уровней загрязнения воды р. Грендалсэльва за период 2003-2010 годов по нормируемым гидрохимическим показателям.

Показатель	Число случаев превышения ПДК. %	Кратность превышения ПДК
Марганец	50	59
бенз/а/пирена	10	5.4

Согласно РД 52.24.643-2002, вода реки Грендалсэльва относится к 3-му классу, разряду «б» и оценивается как «очень загрязненная». При этом следует отметить, что за период наблюдений с 2002 по 2013 произошло ухудшение качества воды в реке . Если в 2007 году качество воды в реке соответствовало 2 классу - «слабо- загрязненная», то к 2013 году состояние реки ухудшилось до 3 класса «очень загрязненная». Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды реки Грендалсэльва вносят тяжелые металлы, в особенности – марганец, цинк, медь и никель. Для надежного выявления

источников загрязнения необходимо проведение дополнительных исследований района водосбора реки.

#### 4.5 Оценка загрязнения почв

При оценке степени загрязненности почв исследуемых территорий использовались следующие нормативы:

1. ГН 2.1.7.2041-06. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»[78];
2. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения [79].
3. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест»[80];
4. РД 52.43.2-94 «Охрана природы. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой» [58].
5. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства [62].

Российским законодательством нормируются только 28 различных загрязняющих веществ (по индивидуальному значению или по сумме соединений). В случае отсутствия установленного ПДК для исследуемого вещества использовались международные нормативы содержания ЗВ в почве “Neue Niederlandische Liste 3/95”, которыми установлены допустимые концентрации (ДК) и концентрации уровней вмешательства (УВ) для 62 веществ и соединений.

Наряду с установленными нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) для оценки загрязнения почв также использовались фоновые значения, полученные в результате зарубежных исследований в других районах Арктики. Расчетные осредненные фоновые концентрации основных загрязняющих веществ приведены в таблице 4.7. Источниками

данных послужили отчеты международной организации по арктическому мониторингу АМАП [31,32,36,54].

Таблица 4.7 - Фоновые концентрации загрязняющих веществ в почве

Загрязняющее вещество	Фоновое содержание в почвенном покрове
Хлорбензолы, нг/г	0.64
Сумма ГХЦГ, нг/г	0.59
Сумма ДДТ, нг/г	0.90
Сумма ПХБ, нг/г	11.2
Свинец, мкг/г	3.33
Кадмий, мкг/г	0.15
Ртуть, мкг/г	0.075
Нефтяные углеводороды, мкг/г	42.7

За период исследований 2002-2013 гг. в почвенном покрове изучаемого района было отмечено превышения ПДК/ДК: по суммарному содержанию нефтяных углеводородов; по суммарному содержанию ПАУ ; по суммарному содержанию ПХБ; по содержанию бенз(а)пирена; по содержанию некоторых ТМ (меди, никеля, свинца, марганца, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка.

Значительные превышения допустимого содержания нефтепродуктов в почвенном покрове были отмечены как в поверхностном (до 31.8 ДК), так и в нижележащем (до 20.5 ДК) слое почвы в районах расположения локального полигона. Наибольшие число превышений НУ в почве были характерны для территорий поселка, его окрестностей и для территории вертолетной площадки. Таким образом, можно сделать вывод, что основным источником поступления нефтяных углеводородов в почву является эксплуатация автомобильного и воздушного транспорта, в особенности места их технического обслуживания.

Наименьшие концентрации НУ были отмечены в почвах долины озера Биенда-Стемме, они составляли 0.14-0.16 ДК.



Сравнивая уровни содержания нефтяных углеводородов в исследованных образцах почвы с фоновыми значениями, следует отметить, что только почвы долины оз. Биенда-Стемме и фоновых районов к востоку от поселка хорошо соотносятся с фоновыми.

Содержание суммы нормируемых летучих ароматических углеводородов в пробах поверхностного слоя почвы составляло от 0.04 до 0.88 ПДК/ДК. Однако были зафиксированы превышения ПДК для толуола (до 1.49 ПДК) и ДК для этилбензола (до 1.64 ДК). Оба эти превышения были отмечены в пробах, отобранных в районе расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ, что свидетельствует о сугубо локальном характере данного загрязнения. Почвы, отобранные на данной пробной площадке, отличались также и повышенными концентрациями других веществ группы ЛАУ (от 124 до 208 нг/г) по сравнению с другими районами мониторинга. Например, содержания ЛАУ в почвах поселка и его окрестностей меньше в 5-10 раз. Здесь же было отмечено максимальное за весь период наблюдений суммарное содержание ЛАУ в почвах – 1016 нг/г.

Из приоритетных ПАУ в Российской Федерации по содержанию в почве нормируется только бенз(а)пирен – одно из наиболее токсичных веществ, поступающих в окружающую среду при добыче и переработке каменного угля. Максимальные за весь период наблюдений концентрации бенз(а)пирена в пробах верхнего и нижележащего слоя почв превышали ПДК в 7.95 и в 6.95 раз соответственно. Наиболее загрязненными бенз(а)пиреном были почвы на территории поселка и в его ближайших окрестностях, а также в районе вертолетной площадки, что лишний раз подтверждает предположение о том, что основными источниками поступления данного вещества в окружающую среду в исследуемом районе являются техногенные объекты (рудник Баренцбург, ТЭЦ, места стоянки и обслуживания транспорта) .

Суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов в пробах почв достигало величин, превышающих ДК более чем в 12 раз. Из районов мониторинга можно выделить два, почвы которых в наибольшей

степени подвержены загрязнению ПАУ. Это собственно территория поселка и район расположения вертолетной площадки. В почвах фоновых районов превышение ДК по содержанию ПАУ было зафиксировано лишь однажды в дельте р. Грендалсэльва.

В почвах фоновых районов концентрации  $\Sigma$ ПАУ составляли 0.1-0.9 ДК. Минимальные концентрации ПАУ были характерны для почв долины озера Биенда-Стемме, а также почв южного побережья залива Исфьорд.

Содержания основных групп хлорорганических пестицидов (ХОП) в почвах поселка Баренцбург и его окрестностей за весь период наблюдений не превышали допустимых значений, и составляли десятые доли ПДК:

- суммарное содержание изомеров ГХЦГ – до 0.12 ПДК;
- суммарное содержание полихлорбензолов – до 0.33 ПДК;
- суммарное содержание метаболитов ДДТ – до 0.9 ПДК.

Сравнивая полученные данные с фоновыми значениями, следует отметить, что наиболее загрязненной является территория рудника Баренцбург: концентрации полихлорбензолов,  $\Sigma$ ГХЦГ и  $\Sigma$ ДДТ в почвах поселка превышали фоновые значения, характерные для других районов Арктики в 15, 20 и 100 раз соответственно.

Содержание ХОП в пробах, отобранных на территории фонового мониторинга, в целом соотносится с фоновыми значениями других районов Арктики.

Максимальные концентрации полихлорбифенилов в почвах поселка превышали ПДК в 14.6 раз. Наиболее высокие средние многолетние концентрации ПХБ в почве отмечены для района вертолетной площадки (до 2.2 ПДК), а также для территории поселка Баренцбург (до 2.9 ПДК). Такое загрязнение может быть связано с активным использованием в указанных районах гидравлических жидкостей, трансформаторных масел и прочих технических материалов, содержащих ПХБ. По данным исследований с 2002 по 2013 год на архипелаге Шпицберген активным источником поступления полихлорбифенилов в почвенный покров может являться краска со стен

строений поселка, которая, разрушаясь под действием атмосферных осадков и ветра, в виде мелких частиц поступает на поверхность почвы [34,70,80].

Повышенные концентрации ПХБ отмеченные в нижележащих слоях почвы в районе вертолетной площадки говорят о том, что в этом районе загрязняющие вещества поступают в почвенный покров в составе материалов, способных проникать в толщу почвы, либо переносятся туда вместе с хорошо растворяющими их нефтепродуктами - маслами, топливом и другими техническими жидкостями.

Почвы в районах фонового мониторинга, характеризуются не высоким содержанием ПХБ, диапазон концентраций составляет от 0.03 до 0.14 ПДК. Суммарное содержание ПХБ в почвах поселка Баренцбург и на территории переходного района, находится на уровне, сравнимом с ПДК. Наибольшие количества загрязняющих веществ аккумулированы в верхнем слое почвы. Это свидетельствует о том, что ПХБ поступают в почву преимущественно в составе твердых загрязненных частиц, осаждающихся на поверхности

Тяжелые металлы распределены по территории изучаемого района более равномерно, чем органические загрязнители. Разница между наибольшими и наименьшими средними многолетними концентрациями тяжелых металлов для различных районов мониторинга составляла 1.5-2 раза, что свидетельствует об их равномерном распределении в почвенном покрове территории поселка Баренцбург и его окрестностей.

Максимальные концентрации отдельных тяжелых металлов были зафиксированы: железа – на северо-западном склоне г. Гренфьордфьеллет, к востоку от пос. Баренцбург; марганца – в районе склада стройматериалов (2.4 ПДК); цинка, хрома и ртути – на территории пос. Баренцбург (2.1 ДК, 1.9 ДК и 0.1 ПДК соответственно); меди и никеля – в районе склада горношахтного оборудования (15.0 и 1.5 ДК соответственно); свинца и мышьяка – в районе вертолетной площадки (2.0 и 6.7 ПДК соответственно); кадмия – в районе свалки бытовых отходов (0.5 ДК).

Комплексная оценка степени загрязненности почв была проведена по

суммарному показателю химического загрязнения ( $Z_c$ ) [62].

$Z_c$  определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле (1):

$$Z_c = K_{c_1} + \dots + K_{c_i} + \dots + K_{c_n} - (n-1), \quad (1)$$

где  $n$  – число определяемых компонентов;

$K_{c_i}$  — коэффициент концентрации  $i$  - того компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым содержанием.

Величина  $Z_c$ , меньшая 16, свидетельствует о допустимой степени загрязнения почв, при значениях  $Z_c$ , находящихся в интервале от 16 до 32, степень загрязнения считается умеренно опасной, при значениях от 32 до 128 – опасной и при значениях, больших 128 - чрезвычайно опасной. Для отобранных проб почвы были рассчитаны суммарные показатели химического загрязнения  $Z_c$  по тем загрязняющим веществам, концентрации которых превышали установленные ПДК/ДК.

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.

Пространственное распределение коэффициента  $Z_c$  на исследуемой территории в районе расположения рудника Баренцбург представлено на рис 4.2.

В целом, загрязнение почвенного покрова изучаемого района, крайне неоднородно, 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 2013 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.

Согласно опубликованным данным норвежских исследователей [67, 68,71,81] аналогичная ситуация наблюдается в расположении бывшего шахтерского поселка, а ныне административного центра арх. Шпицбергена Лонгиербюена. Здесь также отмечен высокий уровень содержания в почвах ПХБ и некоторых ТМ. Концентрации ПХБ по сумме 7 конгенов зафиксированные в пробах поверхностного слоя почв, отобранных в районе расположения рудника Баренцбург, наиболее близки к концентрациям  $\Sigma$ ПХБ<sub>7</sub> в почвах Лонгиербюена.

Концентрации практически всех определяемых загрязняющих веществ в почвах, отобранных на территории фонового мониторинга, по данным опубликованных зарубежных исследований соответствовали уровням их содержания в других фоновых районах Арктики.

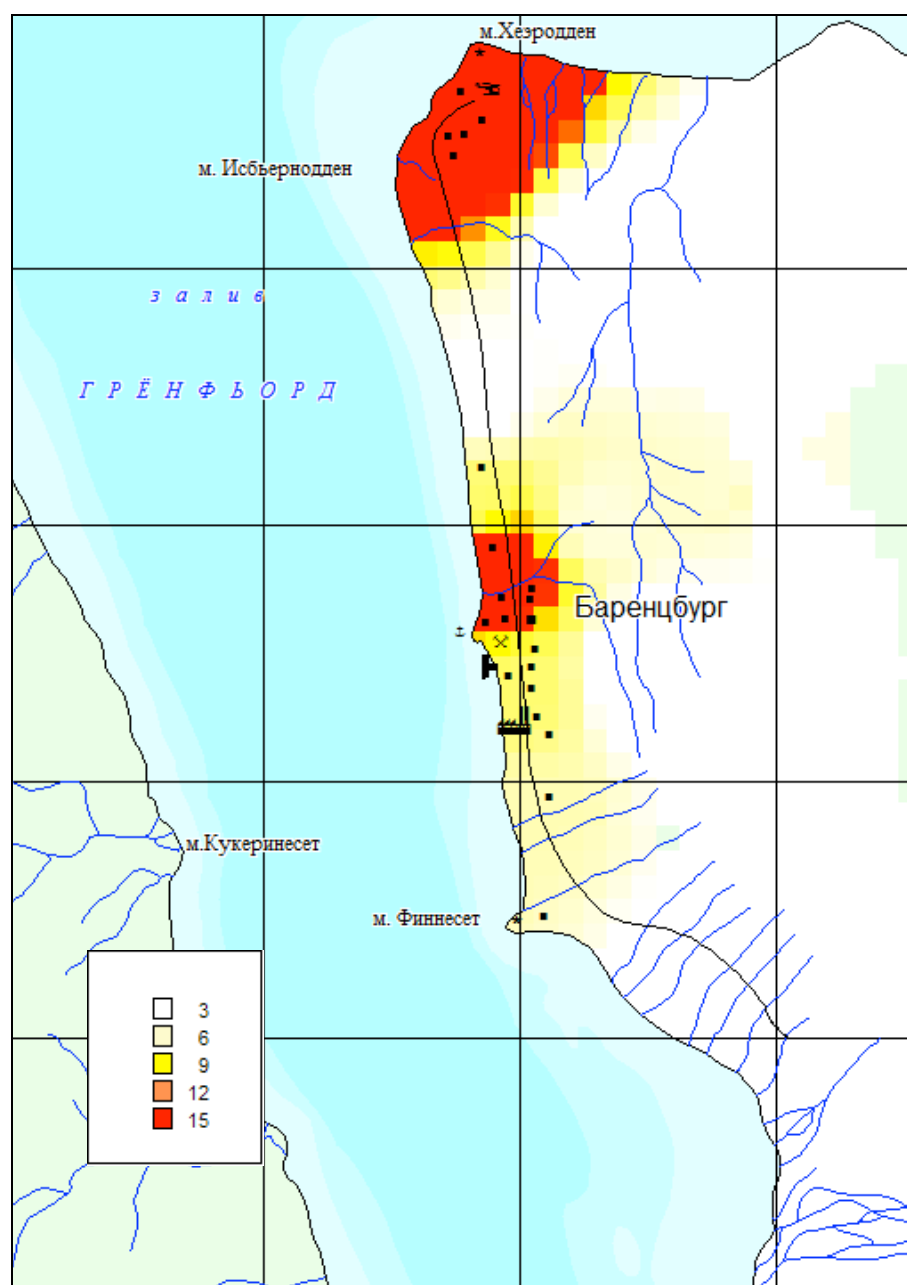


Рисунок4.2. - Распределение показателя химического загрязнения ( $Z_c$ ) в почвах в районе руд. Баренцбург

#### 4.6 Оценка загрязнения растительного покрова

В российском природоохранном законодательстве содержание загрязняющих веществ в растениях не нормируются. Поэтому для проведения количественной оценки уровней содержания основных ЗВ в объектах растительного покрова изучаемого района были использованы фоновые значения, рассчитанные на основании опубликованных данных российских и зарубежных арктических и субарктических исследований.

В таблице 4.8 приведены рассчитанные по материалам наблюдений, опубликованным в сборнике международной программы по арктическому мониторингу и оценке АМАП [32], фоновые концентрации загрязняющих веществ, характерные для растительного покрова Арктики. Как видно из приведенных данных, большие концентрации загрязняющих веществ характерны для низших растений.

Помимо фоновых значений, для сравнительной характеристики загрязнения растительного покрова изучаемого района были использованы расчетные комплексные показатели загрязненности.

Таблица 4.8 - Фоновые концентрации загрязняющих веществ в растительном покрове.

Загрязняющее вещество	Мхи	Сосудистые растения
Сумма ХБ, нг/г	0.75	0.30
Сумма ГХЦГ, нг/г	2.22	0.37
Сумма ПХЦД, нг/г	0.35	0.25
Сумма ДДТ, нг/г	1.33	0.49
Сумма ПХБ, нг/г	7.13	3.64
Сумма ПАУ, нг/г	180	88.0
Свинец, мкг/г	3.39	0.02
Кадмий, мкг/г	0.17	0.01
Ртуть, мкг/г	0.085	0.06

За весь период наблюдений 2002-2013 гг., в обеих исследуемых группах растительности, наблюдались 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.

Суммарные концентрации полициклических ароматических углеводородов в сосудистых растений превышали расчетные фоновые значения в среднем в 3 -3.5 раза, а максимальные зафиксированные концентрации – в 16 раз. Превышения фоновых суммарных концентраций ПАУ во мхах в среднем составляли 3.2 раза, достигая в отдельных случаях 30-кратного превышения. Несмотря на почти трехкратную разницу в количественном содержании загрязняющих веществ в сосудистых растениях и во мхах, пространственные распределения полициклических ароматических углеводородов в обоих типах растительности практически идентичны.

Разница в их количественном содержании объясняется различными механизмами усвоения, накопления, метаболизма и выведения загрязняющих веществ из растений, что в свою очередь обусловлено ботаническими свойствами растений и особенностями биохимических процессов, протекающими в них.

Наибольшему загрязнению полициклическими ароматическими углеводородами подвержен растительный покров территории рудника и поселка Баренцбург и районов расположения основных хозяйственных объектов. С удалением от Баренцбурга концентрации суммы ПАУ в растениях значительно снижаются, что говорит о локальном поступлении загрязнителей данной группы в окружающую среду.

Концентрации полихлорбифенилов в обоих типах растительности отличались повышенными, по сравнению с фоновыми, значениями. Загрязнение ПХБ в значительной степени обусловлено местными источниками



поступления загрязняющих веществ. Максимальные за весь период наблюдений суммарные концентрации ПХБ превышали фоновые концентрации в 33.5 раза для арктических сосудистых растений (на территории пос. Баренцбург в районе расположения консульства) и в 100 раз для арктических мхов (на северо-восточной окраине поселка в районе ручья). Средние концентрации ПХБ во мхах в 12.8 раз превышали фоновые значения, в сосудистых растениях – в 8 раз.

Особенностью загрязнения растительного покрова полихлорбифенилами является то, что их многолетние средние в растениях как на территории локального, так и на территории фонового мониторинга, превышали расчетные фоновые значения для арктических районов. Этот факт свидетельствует о том, что загрязнение ПХБ носит хронический характер и соединения именно этой группы загрязняющих веществ являются приоритетными специфическими загрязнителями растительного покрова изучаемой территории.

Средние концентрации хлорорганических пестицидов в сосудистых растениях на территории рудника несколько превышали фоновые: для  $\Sigma\text{ХБ}$  – в 2.4 раза, для  $\Sigma\text{ГХЦГ}$  – в 2.9 раза, для  $\Sigma\text{ДДТ}$  – в 4.2 раза. Средние содержания ХОС во мхах превышали фоновые в следующих соотношениях: для  $\Sigma\text{ХБ}$  – в 1.5 раза, для  $\Sigma\text{ДДТ}$  – в 3.4 раза. Суммарное содержание ГХЦГ при этом составляло всего лишь 64% от фона. Такая, в целом не очень значительная, разница между отмеченными и фоновыми содержаниями ХОП может говорить о том, что, в основном, местные источники не вносят столь ощутимого вклада в загрязнение растительного покрова соединениями данной группы.

В образцах сосудистых растений ХОП были территориально распределены так: наибольшие содержания всех групп этих веществ приурочены к районам локального мониторинга, однако разница с районами фонового мониторинга невелика. Наибольшие средние суммарные концентрации, а также наибольшая разница между районами локального и

фоновому мониторингу отмечена для группы ДДТ, наименьшая разница в содержании - для группы полихлорбензолов.

Во мхах были отмечены относительно более высокие концентрации ДДТ и ГХЦГ по сравнению с сосудистыми растениями. Уровни содержания полихлорбензолов находились на схожем уровне. Как и в случае с другими группами загрязняющих веществ, повышенные концентрации ХОП во мхах объясняются их высокой аккумулярующей способностью. В целом, можно сказать, что влияние местных источников загрязнения на уровни содержания ХОП во мхах хотя и прослеживается, но не велико.

Из всех тяжелых металлов в растительном покрове наиболее близки к фоновым значениям концентрации ртути, в среднем составляющие 1.2 фонового содержания во мхах и 1.0 – в сосудистых растениях. Максимальные достигали величин 3.1 и 3.7 фонового содержания для мхов и сосудистых растений соответственно. Средние многолетние концентрации кадмия превышали фоновые арктические содержания в 1.5 раза для мхов и 9.4 раза для сосудистых растений. Наибольшее отличие от фоновых концентраций наблюдалось в отношении свинца: средние концентрации данного вещества во мхах превышали фоновые в 1.8 раза, а в сосудистых растениях – в более чем 150 раз, что свидетельствует как о значительном поступлении этого элемента из местных источников, так и о его высоком региональном фоновом содержании в почвообразующих породах.

Тяжелые металлы в растительном покрове исследуемого района были распределены более равномерно, чем прочие группы загрязняющих веществ. Содержание всех исследуемых тяжелых металлов во мхах превосходит содержание ТМ в сосудистых растениях, независимо от района мониторинга. Однако можно отметить некоторые особенности, присущие каждому отдельному элементу. Так, концентрации свинца во мхах меняются незначительно от района к району, тогда как его содержание в пробах сосудистых растений наиболее велико в образцах, отобранных на территории локального мониторинга.

Практически та же ситуация наблюдается и в отношении ртути, ее распределение в растительном покрове разных районов мониторинга равномерное, с небольшим тяготением повышенных концентраций к территории поселка Баренцбург и его ближайших окрестностей. В отношении кадмия следует отметить его повышенные концентрации во мхах, произрастающих в районе вертолетной площадки, а также в долине р. Грендалсэльва. В сосудистых растениях этот элемент распределен практически равномерно на всех исследуемых пробных площадках.

В целом можно сказать, что наибольшему загрязнению тяжелыми металлами подвержен растительный покров поселка Баренцбург, его окрестностей, а также вертолетной площадки, однако разница с загрязнением районов фонового мониторинга не столь значительна, как в отношении других поллютантов. Концентрации ТМ во мхах в среднем в 2.2 раза превосходят таковые в сосудистых растениях, что обусловлено высокой аккумулярующей способностью мхов.

Максимальная частота превышения фоновых концентраций наблюдается в растительности на территории поселка Баренцбург. Несколько реже повышенные уровни ЗВ наблюдались в окрестностях поселка, а также в районе вертолетной площадки. Районы фонового мониторинга отличались низкой долей образцов растительного покрова с концентрациями ЗВ, превышающих фоновые. Однако следует отметить, что концентрации свинца, кадмия и полихлорбифенилов превышали фоновые в половине и более случаев даже на участках, считающихся фоновыми. При этом частота превышений фоновых уровней ЗВ в сосудистых растениях заметно больше, чем во мхах, несмотря на то, что абсолютные значения концентрации ЗВ во мхах в несколько раз превышают таковые в сосудистых растениях.

Несмотря на значительную разницу в уровнях содержания основных загрязняющих веществ во мхах и в сосудистых растениях, межгодовая изменчивость их содержания в растительном покрове во многом схожа для обоих типов растительности. Это объясняется тем, что загрязнение, как мхов,

так и сосудистых растений, происходит из одних и тех же источников, то есть и те, и другие растения накапливают одни и те же загрязнители, но в разных пропорциях, в зависимости от аккумулирующей способности каждого типа растительности.

В отношении полихлорированных бифенилов проследить какую-либо направленную изменчивость их содержания в растительном покрове не представляется возможным. Относительно повышенные концентрации для разных типов растительности наблюдались в разные годы (2003, 2004, 2007, 2008, 2010 гг.), что может быть следствием разовых поступлений поллютантов в природную среду исследуемого района. В целом, динамика изменения содержания  $\Sigma$ ПХБ неустойчива, характеризуется заметными межгодовыми колебаниями и значительной амплитудой.

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 [53]. 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(b)флуорантен + перилен, бенз(k)флуорантен, бенз(a)пирен,  $\Sigma$ ПАУ,  $\Sigma$ ГХЦГ,  $\Sigma$ ДДТ,  $\Sigma$ ПХБ, цинк, кадмий, ртуть, мышьяк.

На рисунках 4.3 и 4.4 приведены графики, отражающие межгодовую изменчивость величины  $K_k$  для образцов растительного покрова, отобранных на территории руд. Баренцбург и фонового полигона.

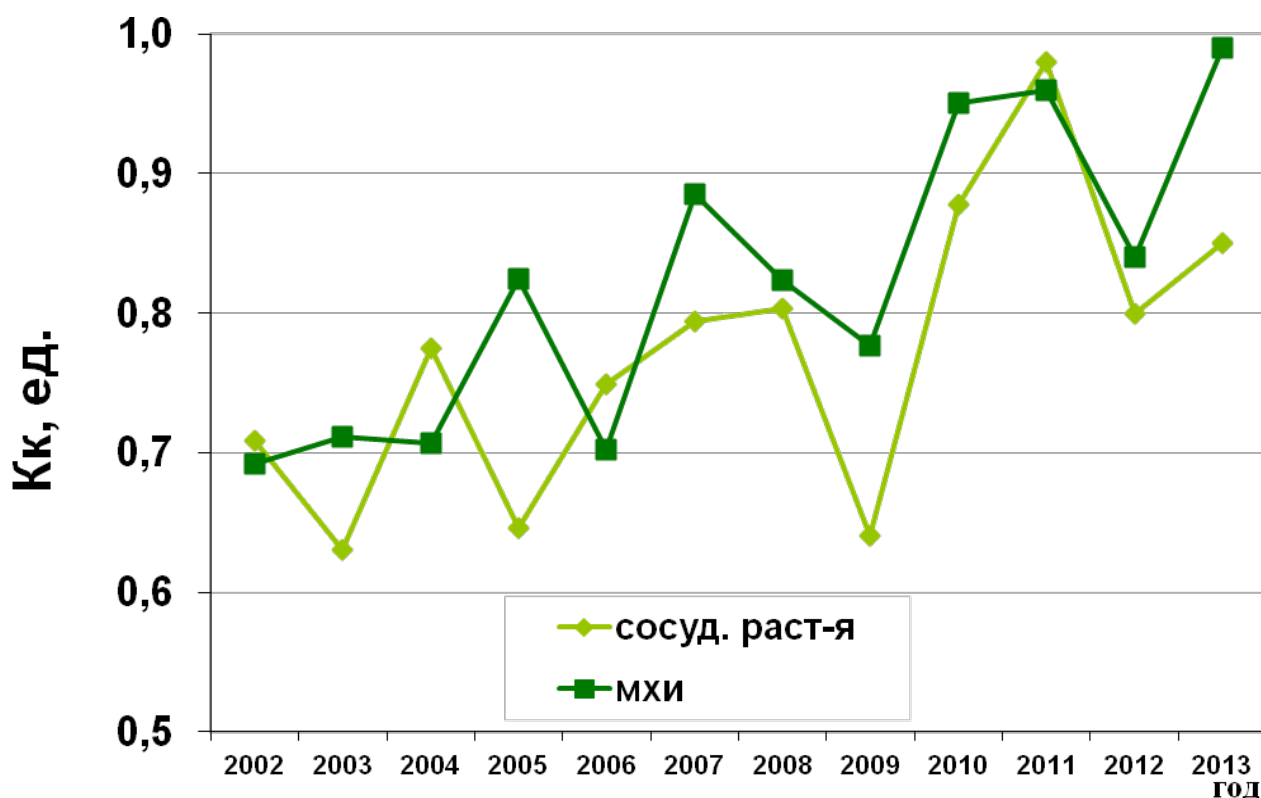


Рисунок 4.3 - Многолетняя изменчивость величины комплексного коэффициента загрязненности  $K_k$  для проб растительного покрова отобранных в районе расположения руд. Баренцбург.

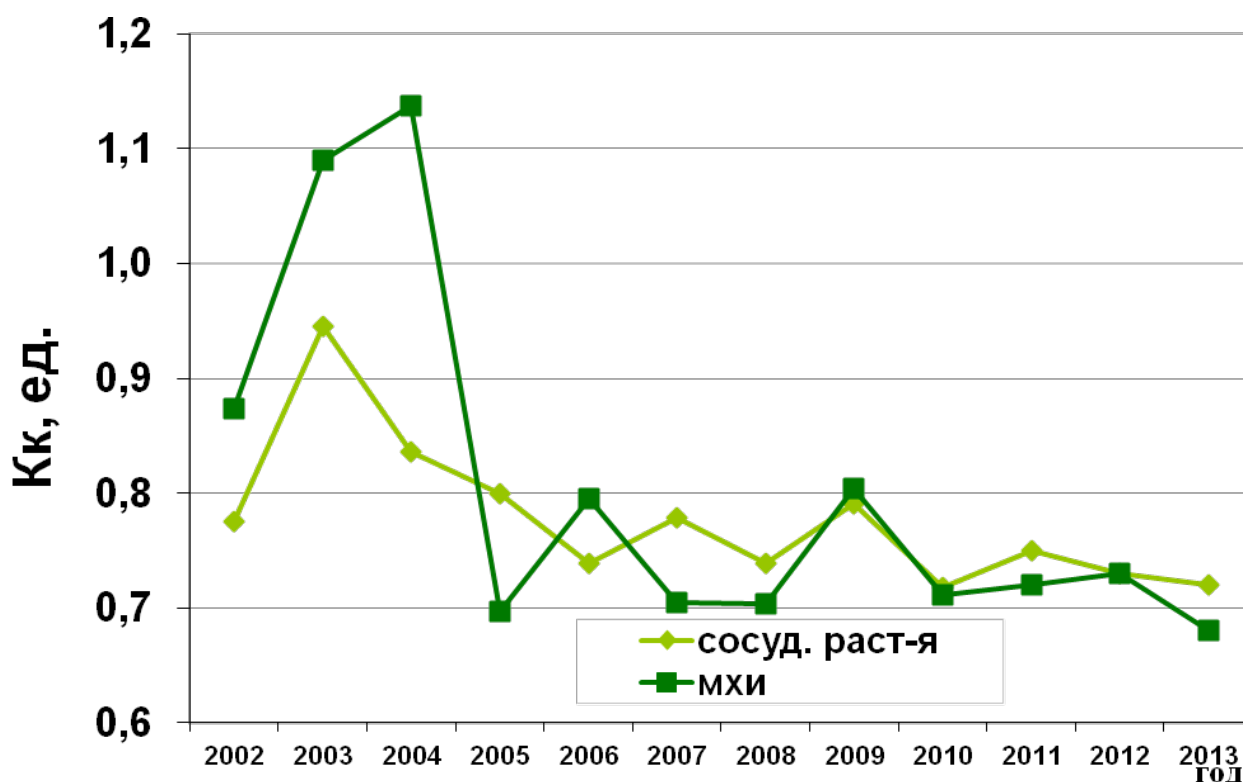


Рисунок 4.4 - Многолетняя изменчивость величины комплексного коэффициента загрязненности  $K_k$  для проб растительного покрова отобранных на территории фонового полигона.

На приведенных графиках видно, что характер межгодовой изменчивости степени загрязненности растительного покрова, районов фонового и локального мониторинга, заметно различается. Наибольшие значения  $K_k$  для растительности фонового полигона были отмечены в 2003-2004 гг., тогда как на территории рудника Баренцбург наибольшие величины  $K_k$  наблюдались в 2010-2013 гг. 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 в природную среду 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 руд. 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.

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.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования позволили получить объективную оценку существующих уровней загрязнения природных сред в районе расположения рудника Баренцбурга 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 большей части залива Гренфьорд, в период проведения наблюдений, 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, относятся к 1 классу качества – «условно чистые» и выраженного тренда к ухудшению качества не имеют.

4. 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 2 классу - «слабо-загрязненная», то к 2013 году состояние реки ухудшилось до 3 класса «очень загрязненная». Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды реки Грендалсэльва вносят тяжелые металлы, в особенности – марганец, цинк, медь и никель. Для надежного



выявления источников загрязнения необходимо проведение дополнительных исследований района водосбора реки.

5. Донные отложения залива Гренфьорд, за период с 2002 по 2013 годы, характеризуются умеренным уровнем загрязнения. Основной вклад в загрязнение донных отложений вносят нефтепродукты, пестициды ДДТ и ПХБ.

Уровни концентрации ЗВ в донных отложениях водоемов суши характеризуются значениями, близкими к региональному фону. Все отмеченные превышения ДК в донных отложениях были значительно ниже уровня вмешательства за весь период наблюдения.

6. Снежный покров территории поселка Баренцбург и его окрестностей, в целом, характеризуется относительно повышенными концентрациями хлорорганических пестицидов, ПХБ и некоторых ПАУ, ТМ по сравнению с фоновыми районами Арктики. Загрязнение снежного покрова ХОС связано, в основном, с глобальными источниками, ПАУ и ПХБ – с региональными и локальными.

Повышенные уровни концентраций ТМ в снежном покрове связаны с влиянием выбросов ТЭЦ, так как именно процесс сжигания угля является главным источником поступления в природную среду многих металлов. В угле и нефти присутствуют соединения практически всех металлов, значительные количества тяжелых металлов выбрасываются в атмосферу с отходящими газами, а, кроме того, содержащиеся в золе тяжелые металлы являются источником вторичного загрязнения при раздувании или размыве золоотвалов.

7. Загрязнение почвенного покрова изучаемого района очень сильно изменяется от года к году и крайне неоднородно, особенно на территории поселка Баренцбург и его санитарно-защитной зоны.

По содержанию суммарных НУ, ЛАУ, ХОП и ТМ почвы, на территории поселка Баренцбург и его санитарно-защитной зоны, характеризуются допустимой степенью загрязнения. На начальных этапах наблюдений в почвах отмечалось достаточно значительное содержание ПХБ и бенз(а)пирена. Однако, начиная с 2005 года, концентрации ПХБ и бенз(а)пирена в почвенном

покрове существенно снизились и в настоящее время находятся на уровне ниже ПДК. Эта положительная динамика напрямую связана со снижением объема выбросов от ТЭЦ в результате ее модернизации, с сокращением добычи и транспортировки угля, с уменьшением выбросов от автомобильного и другого транспорта.

Вне пределов территории поселка Баренцбурга и его санитарно-защитной зоны, загрязнение почв находится на уровне, характерном для района арктических тундр.

8. Характер загрязненности растительного покрова районов фоновых и локального мониторинга заметно различается. Наибольшие уровни загрязнения растительности фоновых районов были отмечены в 2003-2004 гг. В последующем наблюдалась устойчивая тенденция к снижению этой загрязненности. Это объясняется тем, что при снижении интенсивности хозяйственной деятельности в районе пос. Баренцбург, локализации существующих источников загрязнения и рекультивационных работах, сложились благоприятные условия для ослабления антропогенной нагрузки на растительный покров. На территории локального мониторинга существенных изменений уровней загрязнения растительного покрова не отмечается.

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

## ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

АМАП	- Arctic Monitoring and Assessment Programme
арх.	- архипелаг
ВЗ	- высокое загрязнение
ГН	- гигиенический норматив
ГСМ	- горюче-смазочные материалы
ГТ	- государственный трест
ГХЦГ	- гексахлорциклогексан
ДДТ	- дихлордифенилтрихлорэтан
ДК	- допустимая концентрация
ДНК	- дезоксирибонуклеиновая кислота
ЗГМО	- Зональная гидрометеорологическая обсерватория
ЗВ	- загрязняющие вещества
ИЗВ	- индекс загрязнения вод
ЛАУ	- летучие ароматические углеводороды
ЛОС	- легколетучие органические соединения
ЛПВ	- лимитирующий показатель вредности
макс.	- максимум
мин.	- минимум
мг	- миллиграмм
мкг	- микрограмм
МУ	- методические указания
н.п.о.	- ниже предела обнаружения
НАУ	- неполярные алифатические углеводороды
нг	- нанограмм
НУ	- нефтяные углеводороды
ОБУВ	- ориентировочно-безопасные уровни воздействия
ОДК	- ориентировочно допустимый уровень

оз.	- озеро
ООН	- Организация Объединенных Наций
ПАУ	- полициклические ароматические углеводороды
ПДК	- предельно-допустимая концентрация
пос.	- поселок
ПХБ	- полихлорбифенилы
ПХЦД	- полихлорциклодиены
р.	- река
Р	- Рекомендации
РД	- Руководящий документ
СанПиН	- Санитарные Правила и Нормы
сред.	- среднее
СП	- Свод правил
СПАВ	- синтетические поверхностно-активные вещества
СОЗ	- стойкие органические загрязнители
ТМ	- тяжелые металлы
ТЭЦ	- теплоэлектроцентраль
УГМС	- Управление гидрометеорологической службы
УВ	- уровень вмешательства
ХБ	- хлорбензолы
ХОС	- хлорорганические соединения
ХОП	- хлорорганические пестициды
ХПК	- химическое потребление кислорода
ЭВЗ	- экстремально-высокое загрязнение
ЕРА	- Агентство по охране окружающей среды США
K <sub>k</sub>	- комплексный коэффициент загрязненности
Z <sub>c</sub>	- суммарный показатель химического загрязнения

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хисдаль, В.. Архипелаг Шпицберген (Свальбард) : природа и история / В. Хисдаль.- М.: Научный мир, 2005.- 132 с.
2. Hisdal, V. Svalbard. Nature and history/ V. Hisdal. – Oslo, 1998. – 123p.
3. Listøl, O. Glaciers of Europe – Glaciers of Svalbard, Norway. Satellite image atlas of glaciers of the world / O. Listøl //United State Geological Survey Professional Paper. -1993. - v. 1386E. - p. 127-151.
4. Гляциология Шпицбергена / Под. ред. В.М. Котлякова. – М.: Наука, 1985. – 200 с.
5. Корякин, В.С. Ледники Арктики / В.С. Корякин. – М.: Наука, 1988. – 160 с.
6. Мавлюдов, Б.Р. Об оледенении Шпицбергена в конце 20 века/ Б.Р. Мавлюдов // Материалы гляциологических исследований. - 2006.- Вып. 101. – С. 146-152.
7. Svendsen, H. The physical environment of Kongsfjorden–Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard / H. Svendsen, A. Beszczynska-Møller, J.O. Hagen // Polar Res.- 2002. -V.21(1). - P.133-166.
8. Гохман, В.В. Водно-ледниковый баланс Шпицбергена: автореф. канд. дис./ В.В Гохман.- М., 1990. – 20 с.
9. Добровольский, В.В. Геохимия почв Шпицбергена / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1990.- №2.- С. 520.
10. Кашулина, Г.М. Химический состав поверхностных вод окрестностей Баренцбурга, Шпицберген / Г.М. Кашулина, Н.А. Кашулин // Комплексные исследования природы Шпицбергена. - Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. - Вып.5.- С. 308-314.
11. Александрова, В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики / В.Д. Александрова. – Л.: Наука, 1977. – 186 с.
12. Королева, Н.Е. Флора и растительность побережья залива Гренфьорд (архипелаг Шпицберген) / Н.Е. Королева, Н.А. Константинова, О.А.

Белкина, Д.А. Давыдов, А.Ю. Лихачев, А.Н. Савченко, И.Н. Урбанавичене. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008.- 111 с.

13. Elven, R. Vascular plants. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae, and cyanobacteria / R. Elven, A. Elvebakk // Norsk Polarinstitutt Skrifter. – 1996. - № 198.- p. 9-55.

14. Rønning, O.I. The flora of Svalbard / O.I. Rønning // Polarhandbok. – 1996. -№10. - 184 p.

15. Kovacs, K.M. Birds and mammals of Svalbard. / K.M. Kovacs, C.H. Lydersen //Polarhandbok.- 2006.- №13.- 203 p.

16. Берченко, И.В. Зоопланктон Западного побережья Шпицбергена / И.В. Берченко // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики.– М.: Геос, 2008. – Вып. 8. - С. 37-41.

17. Ахметчина, О.Ю. Фауна иглокожих залива Ис-фьорд (о. Западный Шпицберген): распределение, структура, биоразнообразие / О.Ю. Ахметчина // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики.– М.: Геос, 2008. – Вып. 8. - С. 27-29.

18. Пантелеева, Н.Н. Гидроидные (Cnidaria, Hydrozoa) залива Грен-фьорд (Западный Шпицберген) / Н.Н. Пантелеева // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики.– М.: Геос, 2008. – Вып. 8. - С. 290-293.

19. Старков, В.Ф. Шпицберген/ В.Ф. Старков. - М.: “Научный мир”, 2008. - 40 с.

20. World Mining Equipment. – 2004. – January. – P. 13-16.

21. Зингер, Е.М. Между полюсом и Европой/ Е.М. Зингер. - М., Мысль, 1981.- 206 с.

22. Трифоненко, В.Д. «Арктикуголь»: вчера, сегодня, завтра/ В.Д. Трифоненко // Полярная почта. – 1992.- №1(3).

23. Горная энциклопедия. Том 1. - М.: Советская энциклопедия, 1984. - 560 с.

24. Безуглая, Э.Ю. Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.

25. Химическая энциклопедия / Ред.кол.: И.Л. Кнунянц. - М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1 (Абл-Дар). — 623 с.
26. Басова, Е.М. Современное состояние высокоэффективной жидкостной хроматографии полициклических ароматических углеводородов / Е.М. Басова, В.М. Иванов // Вестник Московского Университета. - 2011.- СЕР. 2. ХИМИЯ. - Т. 52. - № 3. - С. 163-174.
27. Кашулина, Г.М. Геохимические особенности почв окрестностей пос. Баренцбург, Шпицберген / Г.М. Кашулина // Комплексные исследования природы Шпицбергена. - Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006 - Вып. 6.
28. Knutzen, J. Effects on marine organisms from polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and other constituents of waste water from aluminium smelters with examples from Norway / J. Knutzen // The Science of the Total Environment. - 1995.- p. 109.
29. Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on Ambient Air Quality Assessment and Management // Official Journ. of the European Communities. — 2001. — 9 p.
30. Шевченко, В.П. Потoki аэрозолей на поверхность северного ледовитого океана и их роль в осадконакоплении и в формировании природной среды Арктики: в кн. Опыт системных океанологических исследований в Арктике / В.П. Шевченко, А.П. Лисицын, А.А. Виноградова, В.В. Серова, Р. Штайн. – М.: Научный мир, 2001.- 644 с
31. Environment Pollution in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. - Tromso, Norway, 1997 -432 p.
32. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). - Oslo, Norway, 1998. - 859 p.
33. Barrie, L.A. Arctic air pollution: An overview of current knowledge / L.A. Barrie // Atmos. Environ. - 1986. - V. 20. - P. 643-663.
34. Franz, T.P. Snow deposition of atmospheric semi-volatile organic chemicals / T.P. Franz, D.J. Gregor and S.J. Eisenreich // Atmospheric Deposition of Contaminants to the Great Lakes and Coastal Waters. USA.- 1997. - p. 73-107.

35. Nilsson, A. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment report., Published by Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) / A. Nilsson. - Oslo, Norway, 1998. - 188 p.
36. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. - Oslo, Norway, 2004- 310 p.
37. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. - Ottawa, Canada - 1997- 460 p.
38. Gubala, C.P. The rates of accumulation and chronologies of atmospherically derived pollutants in Arctic Alaska, USA / C.P. Gubala, D.H. Landers, M. Monetti, M. Heit, T. Wade, B. Lasorssa, S. Allen-Gil. // The Science of Total Environment.- 1995. - Vol.160/161. - p. 373-380.
39. Демин, Б.Н. Особенности динамики загрязнения снежного покрова и почв в районе пос. Баренцбург (арх. Шпицберген) полихлорированными бифенилами по результатам исследований 2007-2009 гг. / Б.Н. Демин, А.С. Демешкин, Н.А. Лалетин // Природа шельфа и архипелагов европейской арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: мат. междунар. науч. конф. ( Мурманск, 27 – 30 октября 2010 г.). – М.: 2010. – вып. 10. – С. 376-381.
40. Семенов, А.В. Гидрологическое обследование озера Биенда-Стемме (архипелаг Шпицберген)/ А.В. Семенов, А.А. Давыдов, А.Н. Ипатов // Комплексные исследования природы Шпицбергена.- Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. - Вып. 3.- С. 127-136.
41. Таргулян, В.О. Основные черты географии почв острова Западный Шпицберген / В.О. Таргулян, А.В. Куликов // Тезисы X Всесоюз. Симп. «Биологические проблемы Севера».- Магадан, 1983. - Ч.1. - С.272-273.
42. Гохман, В.В. Режим стока рек на о. Западный Шпицберген / В.В. Гохман //Материалы гляциологических исследований. - 1988. - №62. - С. 96-103.
43. Горюнова, Н.В. Эоловые потоки вещества на Шпицбергене в районе рудника Баренцбург в 2008 году / Н.В. Горюнова // Геология морей и



океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. - М.: ГЕОС, 2009. - 379 с.

44. Соловьянова, И.Ю. Наблюдения за стоком взвешенных наносов рек бассейна залива Грен-фьорд / И.Ю. Соловьянова, М.В. Третьяков // Комплексные исследования природы Шпицбергена. - Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. - Вып.4.-С. 230-236.

45. Анциферова, А.Р. Результаты комплексных гидрометеорологических наблюдений и мониторинга загрязнения окружающей среды на архипелаге Шпицберген / А.Р. Анциферова, Т.Д. Короткова, А.В. Семенов, Е.Д. Сиеккинен // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена. - М.: Геос, 2010. - Вып.10. – С. 338-345.

46. Mannio, J. Survey of trace elements in lake waters of Finnish Lapland using ICP-MS technique. /J. Mannio , O Jarvinen, R.Tuominen, V.Verta. //The Science of the Total Envirjnmnt.- 1995.- Vol. 160/161.- P. 433-439.

47. Российские геологические исследования на Шпицбергене 1962-1996 гг. - СПб, 1998. - 228 с.

48. Переверзев, В.Н. Почвы речных, морских и коренных террас побережий фьордов острова Западный Шпицберген/ В.Н. Переверзев, Т.И. Литвинова // Комплексные исследования природы Шпицбергена. - М.: Изд. ГЕОС, 2010.- Вып. 10.

49. Кашулина, Г.М. Химический состав растений окрестностей Баренцбурга / Г.М. Кашулина, Л.А. Баскова, А.Ю. Лихачев // Ежегодник Кольской ГМК. - 2007. - №5, часть.2. - 234 с.

50. Galun, M. Lichen as bioindicators of air pollution / M. Galun, S. Garty, R.Ronen // Weblia. - 1984. -Vol.38. - p. 371-383.

51. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест с дополнением.- Российская газета. - N 119/1. - 20.06.2003 (специальный выпуск).

52. ГН 2.1.6.2309-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. - Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. - N 14. - 07.04.2008.

53. Демин, Б. Н. 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./ Б. \Н. Демин, А.П. Граевский, А.С. Демешкин, С.В. Власов, С. С. Крылов, Н.А. Лалетин.- СПб., 2011. - 316 с.

54. AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic.Arctic Monitoring and Assessment Programme. - Oslo, Norway, 2005 -265 pp.

55. Hung, H. «Atmospheric monitoring of organic pollutants in the Arctic under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): 1993–2006» / H. Hung, R. Kallenborn , K. Breivikc , Y. Su, E. Brorstrom-Lunden, K. Olafsdottir , J. Thorlacius, S. Leppanen , R. Bossi , H. Skov, S. Mano, G. Patton, G. Stern, E. Sverko, P. Fellin // Science of the Total Environment. - 2010. – № 408 – p.2854–2873.

56. Шевченко, В.П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике./ В.П. Шевченко. - М.: Наука, 2006. – 226 с.

57. Tilton, F. Atmospheric monitoring of organic pollutants in the Arctic / F.Tilton , W.H. Benson, D. Schlenk // Env. Toxic. Pharm. - 2001. - V. 9. - P. 169-172.

58. РД 52.44.2-94 Охрана природы. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой. - М.: Гидрометеиздат, 1996.

59. РД 52.23.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – СПб.: Гидрометеиздат, 1996. - 49 с.

60. Методические рекомендации по формализованной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. –М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988 -7 с.
61. Матишов, Г.Г. Современный уровень загрязнения хлорированными и нефтяными углеводородами донных отложений губы Печенга, Баренцево море / Г.Г. Матишов, В.М. Савинов, С. Дале, Т.Н. Савинова, Б. Киллие // Докл. РАН, 1998. Т. 361. № 3. С. 425-428.
62. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства. - М.: Госстрой России, 1997 г.-41 с.
63. Р 52.23.581-97 Рекомендации «Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием природной среды в районах развития угледобывающей промышленности и сопутствующих производств». - М.:Росгидромет, 1999 - 25с.
64. Другов, Ю.С. Экологическая аналитическая химия: уч. пособие для вузов / Ю.С. Другов, А.А. Родин. - СПб.: Анатолия, 2002. – 464 с.
65. Другов, Ю.С., Родин А.А. Анализ загрязнений почвы и опасных отходов. Практическое руководство/ Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 472 с.
66. Демешкин, А.С. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях залива Гренфьорд арх. Шпицберген. / А.С. Демешкин // Труды института прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова. - М.: ИПГ, 2011. – Вып. 90. - с. 260-265.
67. Jartun, M. Local sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) in Russian and Norwegian settlements on Spitsbergen Island, Norway / M. Jartu, R.T Ottesen, T. Volden and Q. Lundkvist // Journal of Toxicology and Environmental Health. - 2009. - vol. 72. - p. 284-294.
68. Lundkvist, Q. PCBs in Svalbard / Q. Lundkvist , H.R. Pedersen, R.T. Ottesen , T. Volden , M. Jartun ,G.W. Gabrielsen, J.U. Skåre, R. Kallenborn, A. Ruus, S. Dahle, A. Evenset, D. Vongraven , B.M. Jenssen , M. Ekker, R. Hindrum.- Longyearbyen, 2008.- 45 p.

69. Демин, Б.Н. Загрязнение почвенно-растительного комплекса в окрестностях рудника «Баренцбург» полициклическими ароматическими углеводородами / Б.Н. Демин, А.П. Граевский, А.С. Демешкин, С.В. Власов // Арктика: экология и экономика. – 2012. - №3 (7). - с. 62-73.

70. Демин, Б.Н. Источники и уровни экстремального загрязнения природной среды полихлорированными бифенилами в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген / Б.Н. Демин, А.П. Граевский, С.С. Крылов, А.С. Демешкин, С.В. Власов // Арктика: экология и экономика. – 2013. - №3 (11). - с. 25-39.

71. Evenset, A. Norsk og russisk overvåking av PCB-forurensning ved bosettinger på Svalbard: Sammenligning av felt- og analysemetoder og resultater / A. Evenset.- Tromsø, Norway, 2008 - p. 31.

72. Демешкин, А.С. Мониторинг содержания полиароматических циклических углеводородов в почвах архипелага Шпицберген за период 2008-2011 годов/ А.С. Демешкин, Д.А. Савелова // Труды института прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова. – М. ИПГ, 2013. - вып. 91. - С. 6-12.

73. Демин, Б.Н. Фоновый и локальный мониторинг загрязнения компонентов окружающей среды в районах расположения российских предприятий на архипелаге Шпицберген (пос. Баренцбург и сопредельные территории) / Б.Н. Демин, А.П. Граевский, А.С. Демешкин // Новости МПГ 2007/08. - 2009 г. - №26. – С.6–13.

74. Grodzinska, K. Heavy metals and sulphur in lichens from southern Spitsbergen / K. Grodzinska , B. Godzik , G. Szarek // Fragn. Florist. Et geobot.- 1993.- Suppl.2\2.- p.699-708.

75. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2003. - 93 с.

76. ГН 2.1.5.2307-07 Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и

культурно-бытового водопользования. – М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2008. - 36 с.

77. Council Directive 98/83/EC of 3.11.1998 // Official Journal of the European Communities. - 1998. - 54 p.

78. ГН 2.1.7.2041-06. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2006. - № 10. - 7с.

79. ГОСТ 17.3.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 4с.

80. Evenset, A. Forurensning ved bosetting på Svalbard. Behov for oppfølgende undersøkelser og tiltak / A. Evenset. - Tromsø, Norway, 2010 – 45 p.

81. Wania, F. The effects of snow and ice on the environmental behavior of hydrophobic organic chemicals / F. Wania, J.Y. Hoff, C.Q. Jia and D. Mackay // Environmental Pollution. – 1998. - vol. 102. - p. 25-41.