

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
доктор биологических наук, доцент  
 А.В. Синдирева  
3.07. 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
магистерская диссертация

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
РАЙОНОВ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

05.04.06 Экология и природопользование

Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу  
студент 2 курса  
очной формы обучения



Сировадко Никита Алексеевич

Руководитель  
к.н., доцент



Лоботросова Светлана Айратовна

Консультант  
к.г.н, доцент



Идрисов Ильдар Рустамович

Рецензент  
спец., исп.дир.  
ООО «ПурЭкоКом»



Демчев Алексей Геннадьевич

Тюмень

2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	6
1.1. ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТНОМНОГО ОКРУГА.....	9
1.2. ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТНОМНОГО ОКРУГА.....	12
1.3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ФЕДЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ.....	15
ГЛАВА 2. РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ.....	20
2.1. ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ИССЛЕДУЕМЫХ ЛУ ..	20
2.2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ .....	22
2.3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ .....	24
2.4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ .....	26
ГЛАВА 3. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	28
ГЛАВА 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ.....	34
4.1. МОНИТОРИНГ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА .....	34
4.2. МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ (СНЕЖНОГО ПОКРОВА).....	37
4.3. МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД.....	40
4.4. МОНИТОРИНГ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ .....	51

4.5. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА .....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	68

## ВВЕДЕНИЕ

При проведении экологического мониторинга важно учитывать природные особенности территории. Так в условиях лидирующих показателей добычи углеводородного сырья и неустойчивых к антропогенному воздействию территориях севера, в Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском автономных округах были созданы постановления, регулирующие проведение локального экологического мониторинга. В других регионах подобный опыт отсутствует и локальный экологический мониторинг регламентируется на федеральном уровне. Таким образом была поставлена задача проанализировать региональные особенности проведения локального экологического мониторинга в пределах субъектов РФ.

**Целью данной работы** является анализ региональных особенностей экологического мониторинга нефтегазодобывающих регионов.

Для достижения данной цели был поставлен ряд **задач**:

1. Изучить законодательную базу, регулиующую экологический мониторинг нефте- и газодобывающих месторождений.
2. Выявить основные проблемы систем экологического мониторинга.
3. Провести сравнительный анализ региональных особенностей систем экологического мониторинга.

**Объект исследования:** локальный экологический мониторинг нефтегазовых регионов РФ.

**Предметом исследования** является региональная специфика систем экологического мониторинга районов добычи углеводородного сырья в пределах Российской Федерации.

**Актуальность работы** заключается в том, что для получения достоверных результатов состояния окружающей среды необходима детальная проработка системы экологического мониторинга. Требуется комплексный подход, который будет учитывать региональную специфику территории проведения работ.

**Защищаемые положения:**

1. Система локального экологического мониторинга в большей степени зависит от добывающей компании, чем от региональных особенностей природно-территориальных комплексов;

2. В связи с отсутствием строгого регламента к проведению экологического мониторинга на федеральном уровне, локально могут встречаться как отрицательные, так и положительные практики проведения работ;

3. Постановления ЯНАО и ХМАО-Югры решают многие проблемы экологического мониторинга, в том числе учёт региональных особенностей.

**Методы исследования:**

За основу были взяты итоговые отчёты 12 систем экологического мониторинга;

Анализировались особенности законодательной базы, регламентирующей локальный экологический мониторинг;

Выявлялись закономерности между системами экологического мониторинга в различных регионах, акцент был сделан на исследуемые показатели;

Изучение особенностей исследуемых показателей, с целью попытки объяснить практическую значимость.

## ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа (далее ЯНАО, ХМАО-Югра) – регионы, характеризующиеся масштабным развитием нефтегазодобывающей отрасли и трудно восстанавливающейся окружающей средой Крайнего Севера. Так согласно государственному докладу о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году лидирующим регионом по добыче углеводородного сырья в России является Уральский ФО [11]. Развитие нефтегазовой отрасли увеличивает риск неблагоприятного антропогенного воздействия на природные комплексы Севера. В этой связи, в северных регионах природоохранные требования при ведении хозяйственной деятельности должны исполняться максимально ответственно.

Цель природоохранной деятельности заключается в уменьшении отрицательного воздействия на окружающую среду путем внедрения технологических и организационных решений на предприятии. Технологические меры, такие как отказ от факелов, использование безамбарного бурения, гидроизоляция кустовых площадок, рекультивация и другие, направлены на устранение и предотвращение экологических проблем непосредственно на месторождении. Дополнительные меры по сокращению негативного воздействия осуществляются через усовершенствование институциональных механизмов, таких как экологический контроль, проведение аудита, подготовка персонала в области экологической безопасности и проведение мониторинга состояния окружающей среды. Все эти природоохранные меры классифицируются по уровню антропогенной нагрузки на глобальный, государственный, региональный и локальный уровни.

Локальный экологический мониторинг (ЛЭМ) представляет собой неотъемлемую часть системы охраны окружающей среды и обеспечения

экологической безопасности в ходе различных хозяйственных и иных деятельности. Экологический мониторинг функционирует как многоцелевая информационная система и основа для управления качеством природной среды, направленная на следующие цели:

- Наблюдение за источниками антропогенного воздействия, текущим состоянием окружающей среды и процессами, происходящими под влиянием антропогенных факторов.
- Оценка текущего состояния окружающей среды, прогнозирование возможных изменений в результате антропогенного воздействия, а также разработка рекомендаций по принятию управленческих решений на основе оценки предполагаемого состояния.

Наблюдение за окружающей средой и оценка влияния на неё источников антропогенного воздействия в рамках ЛЭМ – одно из основных направлений природоохранной деятельности в ХМАО-Югре и ЯНАО. В ХМАО-Югре действует постановление правительства округа от 23.12.2011 № 485-п «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории ХМАО-Югры» (далее – постановление № 485-п). В ЯНАО действует постановление правительства округа от 14.02.2013 № 56-п «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало-Ненецкого автономного округа» (далее — постановление № 56-п).

Постановления, которые были упомянуты, содержат требования для недропользователей относительно Локального экологического мониторинга (ЛЭМ), которые не предусмотрены федеральным законодательством. Эти постановления устанавливают обязательные условия для разработки лицензионных участков, включая создание наблюдательной сети ЛЭМ и мониторинг исходной загрязненности компонентов природной среды. Проект или программа ЛЭМ регламентирует наблюдательную сеть в пределах

лицензионных участков. В этом документе определены виды и периодичность наблюдений, список веществ и параметров, которые измеряются в пробах атмосферного воздуха, снежном покрове, поверхностных водах, донных отложениях и почвах. Он также конкретизирует минимальный набор данных для составления картографического материала.

Программа Локального экологического мониторинга (ЛЭМ) имеет ограниченный срок действия, который охватывает основные этапы освоения лицензионного участка. Она включает три фазы: подготовку, проведение и передачу результатов.

1. Подготовка проекта ЛЭМ включает разработку документа, который должен быть утвержден руководителем организации-недропользователя и согласован со специально уполномоченными органами исполнительной власти. Если лицензионный участок находится на особо охраняемой природной территории, проект также согласовывается с ее администрацией. Материалы проекта включают карты масштаба 1:50 000 и план-график отбора проб.

2. Фаза проведения ЛЭМ включает отбор проб, их лабораторный анализ, оценку текущей загрязненности компонентов природной среды и мониторинг ландшафтов с использованием материалов дистанционного зондирования. Это позволяет получить данные о состоянии окружающей среды и ее компонентов.

Необходимо отметить, что в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) мониторинг на месторождениях нефти и газа имеет более широкий спектр и включает мониторинг подземных вод и состояния экзогенных процессов. В то же время, в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (ХМАО-Югра) эти виды мониторинга являются необязательными. Постановлением правительства ЯНАО № 56-п также определены аналогичные виды мониторинга.

3. Результаты исследований, полученные в ходе Локального экологического мониторинга (ЛЭМ), передаются в системы информационного обмена на окружном уровне, а также в Единый государственный фонд данных. Результаты ЛЭМ обеспечивают информационную поддержку для принятия решений, контроля и предотвращения экологических проблем на лицензионных участках. В Ямало-Ненецком автономном округе ведется база данных ЛЭМ под названием "Территориальная система экологического мониторинга ЯНАО".

### 1.1. ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Постановлением Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 14 февраля 2013 года №56-П «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало-Ненецкого автономного округа» регулирует порядок подготовки отчетов по результатам мониторинга.

Таким образом, постановление №56-П является руководящим документом, который регламентирует создание и ведение программ локального экологического мониторинга на территории ЯНАО и устанавливает требования по отчетности в этой области.

В соответствии с Постановлением, работы по программам локального экологического мониторинга делятся на два вида: разработка программы и корректировка программы.

Таким образом, разработка программы ЛЭМ требует учета различных факторов и результатов предшествующих исследований, чтобы обеспечить эффективное мониторинговое и оценочное состояние окружающей среды на лицензионных участках.

В целях оптимизации работ по локальному экологическому мониторингу рекомендуется установить следующие принципы:

1. Максимальный период действия программы локального экологического мониторинга не должен превышать 5 лет. Это позволяет обновлять программу и учитывать изменения в условиях освоения лицензионного участка, а также применять новые методы и технологии в мониторинге окружающей среды.

2. Период действия программы локального экологического мониторинга должен соответствовать основным этапам освоения лицензионного участка. Это означает, что программа должна охватывать все этапы, начиная с сейсморазведочных работ и геологоразведочных работ, и заканчивая ликвидацией месторождения. Такой подход позволяет систематически отслеживать воздействие на окружающую среду на каждом этапе деятельности.

Соблюдение этих принципов позволит эффективно управлять локальным экологическим мониторингом, обеспечивая надлежащую оценку и контроль воздействия на окружающую среду на протяжении всего периода освоения лицензионного участка.

Программа локального экологического мониторинга должна содержать следующую информацию:

Период разработки программы и указание текущего этапа освоения лицензионного участка, что позволяет определить временные рамки и охват мониторинга.

Сведения о предприятии и лицензионном участке, включая данные о компании и подробную информацию о географическом расположении и характеристиках лицензионного участка.

Описание границ территории наблюдений и ее природно-климатических характеристик, включая информацию о физической среде, климате, геологии, гидрологии и других аспектах, которые могут влиять на экологическое состояние.

Сводные результаты исследования исходной загрязненности, которые представляют данные о начальном уровне загрязнения компонентов природной среды на лицензионном участке.

Анализ современной экологической ситуации на территории наблюдений, включая оценку воздействия техногенной нагрузки, выявление экологических угроз и изучение тенденций изменения состояния окружающей среды.

Дополнительная информация в программе может включать показатели природоохранной деятельности, перечень контролируемых объектов и территорий, сведения о системе локального экологического мониторинга, основные направления мониторинга, регламент наблюдений, применяемые нормативы, план-график проведения наблюдений, обзорную карту лицензионного участка, карту-схему локального экологического мониторинга и ландшафтную карту с характеристикой природно-территориальных комплексов.

Программа локального экологического мониторинга должна быть согласована с уполномоченными органами исполнительной власти, ответственными за мониторинг окружающей среды, а также с департаментом. Если лицензионный участок находится в границах особо охраняемых природных территорий регионального значения, программа требует согласования с исполнительным органом государственной власти автономного округа, ответственным за управление ООПТ регионального значения. Если лицензионный участок расположен в границах особо охраняемых природных территорий федерального значения, согласование необходимо получить от федерального органа государственной власти, ответственного за управление ООПТ федерального значения (Управление Росприроднадзора по автономному округу).

Разработка программы локального экологического мониторинга тесно связана с этапами освоения месторождения и не может охватывать два этапа одновременно. В процессе разработки программы проводится визуальный

осмотр территории и отбор проб компонентов природной среды. Эти действия выполняются в период оценки фонового состояния территории. Программа должна быть разработана для конкретного этапа освоения и учитывать его особенности и потенциальное воздействие на окружающую среду.

Корректировка программы локального экологического мониторинга производится не чаще одного раза в три года. Она может осуществляться в случае введения или вывода из эксплуатации основных технологических устройств и при выявлении новых экологических угроз в результате проводимого мониторинга. При корректировке программы вносятся следующие изменения: описание изменений в техногенной нагрузке, перечень контролируемых объектов, источников воздействия и территорий, регламент наблюдений (местоположение пунктов, сроки и периодичность отбора проб, параметры и загрязняющие вещества), отчетная информация о результатах мониторинга, картографический материал, план-график наблюдений и диагностика новых экологических угроз. При корректировке может изменяться количество постов мониторинга в зависимости от изменений в техногенной нагрузке и наличии объектов.

## 1.2. ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Основой для разработки проектов локального экологического мониторинга в ХМАО является Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – ЮГРЫ от 21.12.2011 года №485-П.

Проведение инвентаризации основных источников и зон антропогенного воздействия на природную среду в пределах лицензионного участка, включая источники сторонних организаций.

Подготовка проекта определения исходной загрязненности компонентов природной среды в пределах лицензионного участка. В проекте должны быть

обоснованы количество и местоположение пунктов отбора проб, периодичность отбора и перечень контролируемых показателей.

Определение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, снежном покрове, поверхностных водах, донных отложениях и почвах в соответствии с проектом исследования.

Оценка загрязненности компонентов природной среды в соответствии с утвержденными федеральными и региональными санитарно-гигиеническими и экологическими нормативами содержания загрязняющих веществ.

Такой порядок проведения исследования исходной загрязненности позволяет получить информацию о начальном состоянии территории и определить параметры мониторинга, необходимые для контроля и оценки изменений в природной среде в процессе освоения месторождения.

После проведения исследования и оценки исходной загрязненности территории, полученную информацию необходимо направить в Службу по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений ХМАО – Югры (Природнадзор Югры).

Отбор проб должен соответствовать федеральному законодательству, государственным стандартам и другим нормативным документам, с учетом указанных требований.

Лабораторный анализ проб проводится по методикам, внесенным в федеральный перечень методик измерений, допущенных для мониторинга загрязнения окружающей природной среды и включенных в область аккредитации лаборатории. Нижний диапазон методик должен быть ниже установленных нормативов. Измерение содержания нефтепродуктов в снежном покрове и поверхностных водах осуществляется методом ИК-спектроскопии. Отбор и анализ проб на токсичность проводятся с учетом требований ГОСТ Р 51592-2000 "Вода. Общие требования к отбору проб". Размещение точек отбора и методы опробования определяются в соответствии с РД 52.04.186-89 и РД 52.44.2-94, которые регулируют контроль загрязнения

атмосферы и комплексное обследование загрязнения природных сред в промышленных районах с высокой антропогенной нагрузкой.

Атмосферный воздух отбирается для опробования дважды в год в летне-осенний период в июне и сентябре.

Геохимическое опробование атмосферных выпадений осуществляется путем отбора проб снега в марте на всю мощность снежного покрова в точках отбора проб атмосферного воздуха.

Поверхностные водотоки и водоемы в пределах лицензионного участка подвергаются отбору и анализу проб, учитывая гидрографическую сеть и источники техногенного воздействия. Обязательно отбираются и анализируются пробы воды в разные сезоны. В транзитных водотоках, пересекающих лицензионный участок, отбор проб проводится на входе и выходе из участка. Мелкие водотоки, полностью находящиеся в пределах лицензионного участка, опробовываются в приустьевых частях. Опробование водоемов не проводится при низкой степени озерности и отсутствии антропогенного воздействия, проводится по нескольким точкам при различной степени озерности.

Отбор проб донных отложений совмещается с точками опробования поверхностных вод, проводится в летне-осенний период. Металлы в донных отложениях определяются в подвижной и валовой форме. Параметры сети опробования поверхностных вод определяются на основе выбранной программы исследований с учетом соответствующих требований. Система экологического опробования почв разрабатывается с учетом ландшафтной дифференциации территории, потенциально опасных объектов и маршрутов миграции загрязняющих веществ.

Точки опробования почв выбираются на типичных участках рельефа и почвенного покрова, чтобы охватить различные типы почв, не подверженные техногенному воздействию. Отбор проб почв проводится в соответствии с требованиями стандартов. Пробы почв отбираются осенью в период относительного покоя биоты. Металлы в почвах определяются в подвижной и

валовой форме. Положение также содержит таблицы с перечнем исследуемых компонентов.

### 1.3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ФЕДЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ

ГОСТ Р 56063-2014 определяет содержание и состав программ экологического мониторинга на территории Российской Федерации. При разработке таких программ необходимо учитывать ряд факторов. Во-первых, следует учитывать результаты исследований фоновое загрязнения окружающей среды, которые помогут определить естественные уровни загрязнения. Во-вторых, важно учитывать фоновые данные наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды. Эти данные предоставляют информацию о текущем состоянии окружающей среды и позволяют выявить тренды и изменения в ее состоянии.

Также при разработке программ мониторинга необходимо учитывать результаты инженерно-экологических изысканий, которые помогут определить источники негативного воздействия на окружающую среду. Это позволит сосредоточиться на наиболее значимых источниках загрязнения и разработать соответствующие меры по их контролю и снижению влияния.

Природные и климатические условия также важны при разработке программ мониторинга. Они могут оказывать значительное влияние на распространение и поведение загрязняющих веществ в окружающей среде. Поэтому учет этих условий помогает лучше понять процессы перемещения и накопления загрязнений.

Необходимо также учитывать установленные нормативы допустимого воздействия на окружающую среду и нормативы качества окружающей среды. Эти нормативы определяют предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ и качественные характеристики окружающей среды, которые не должны превышать. Использование этих нормативов в

программе мониторинга помогает определить степень соответствия среды установленным требованиям и выявить возможные проблемные зоны.

При выборе методов измерений и оборудования необходимо учитывать их надежность, доступность и экономическую целесообразность. Это помогает оптимизировать процесс мониторинга и использовать ресурсы эффективно.

Также в программе мониторинга следует учитывать результаты проверки работы очистных сооружений и природоохранного оборудования. Это позволяет оценить эффективность таких систем и выявить возможные проблемы или несоответствия требованиям.

Не менее важными являются планируемые и реализованные мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду и восстановлению природной среды. Результаты предыдущих программ экологического контроля, включая программы экологического мониторинга, также должны быть учтены при разработке новой программы. Это помогает оценить эффективность ранее принятых мер и определить необходимость корректировки или продолжения предыдущих действий.

Таким образом, ГОСТ Р 56063-2014 предоставляет рекомендации по учету различных факторов при разработке программ экологического мониторинга, что способствует более полному и системному анализу состояния окружающей среды.

Следует указать следующую информацию относительно содержания программы экологического мониторинга (ПЭМ):

- Определение целей и задач ПЭМ.
- Описание объекта, который подвергается мониторингу.
- Установление структуры ПЭМ.
- Определение местоположения точек отбора образцов и наблюдательных пунктов.
- Определение контролируемых параметров.

- Используемые методы для проведения наблюдений и измерений.
- Регулярность проведения наблюдений и измерений.
- Процедуры для сбора, хранения, анализа и оценки результатов ПЭМ, включая прогнозирование изменений состояния и загрязнения окружающей среды и передачу информации о результатах.

Описание самой ПЭМ должно включать следующую информацию:

- Границы территории, которую охватывает мониторинг.
- Природные и климатические условия в области, где расположены объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду.
- Данные о состоянии окружающей среды.
- Информация о воздействии на окружающую среду, которое происходит при нормальном режиме эксплуатации объектов и в аварийных ситуациях.

Структура ПЭМ и контролируемые параметры (химические, физические и биологические показатели) определяются в зависимости от характера негативного воздействия на окружающую среду. В рамках структуры ПЭМ могут включаться следующие компоненты:

- Мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха.
- Мониторинг состояния и загрязнения поверхностных и подземных вод.
- Мониторинг состояния и загрязнения земель и почв.
- Мониторинг состояния и загрязнения недр.
- Мониторинг состояния и загрязнения растительного и животного мира, включая биоресурсы и их среду обитания.

Процедура сбора, хранения, анализа, оценки результатов ПЭМ, прогнозирования изменений состояния и загрязнения окружающей среды, а также передачи информации о результатах включает:

- Регистрацию и обработку первичной информации, полученной из наблюдений и измерений.

- Методы обработки, анализа и оценки результатов ПЭМ, включая прогнозирование изменений состояния и загрязнения окружающей среды.
- Способы документирования, хранения и доступа к результатам ПЭМ и связанным с ними прогнозам.
- Подготовку отчетности, включая использование соответствующих отчетных форм и предоставление отчетов органам государственного экологического надзора в рамках отчетности по результатам проведения экологической контрольной проверки (ПЭК).

Нормативно-правовой документ ГОСТ Р 56059-2014 «Производственный экологический мониторинг. Общие положения» регламентирует организацию системы экологического мониторинга и устанавливает требования к ней. Этот стандарт определяет, как должен быть организован экологический мониторинг на объекте.

В соответствии с ГОСТом, в рамках программы экологического мониторинга создаются пункты и системы наблюдений для отслеживания состояния окружающей среды в районах, где расположены объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду. Владельцы этих объектов должны осуществлять мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды в зоне воздействия данных объектов. Такие системы наблюдений называются локальными системами наблюдений.

ГОСТ Р 56059-2014 предоставляет общие принципы и требования для организации экологического мониторинга на производственных объектах и помогает обеспечить соблюдение нормативных требований по охране окружающей среды.

Вышеперечисленные стандарты устанавливают лишь основные положения проведения производственного экологического мониторинга. В связи с этим проработанность системы мониторинга может значительно отличаться в пределах субъектов РФ, не говоря о различных недропользователях.

Нередко постановления ЯНАО и ХМАО, регулирующие проведение ЛЭМ, выступают основой для разработки системы экологического мониторинга и в других регионах, что объясняется недостаточной проработанностью законодательной базы ПЭМ на федеральном уровне. В особенности подобная ситуация характерна для мониторинга снежного покрова и донных отложений, так как на федеральном уровне отсутствуют нормативы, регулирующие содержание загрязняющих веществ.

## ГЛАВА 2. РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

### 2.1. ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ИССЛЕДУЕМЫХ ЛУ

Исследуемые лицензионные участки расположены в пределах таёжной, тундровой и степной зонах.

В административном плане месторождения находятся на территории 7 субъектов РФ, а именно: Красноярский край, Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ханты-Мансийский автономный округ, Томская область, Новосибирская область и Оренбургская область (рисунок 1).

## Схема расположения исследуемых участков

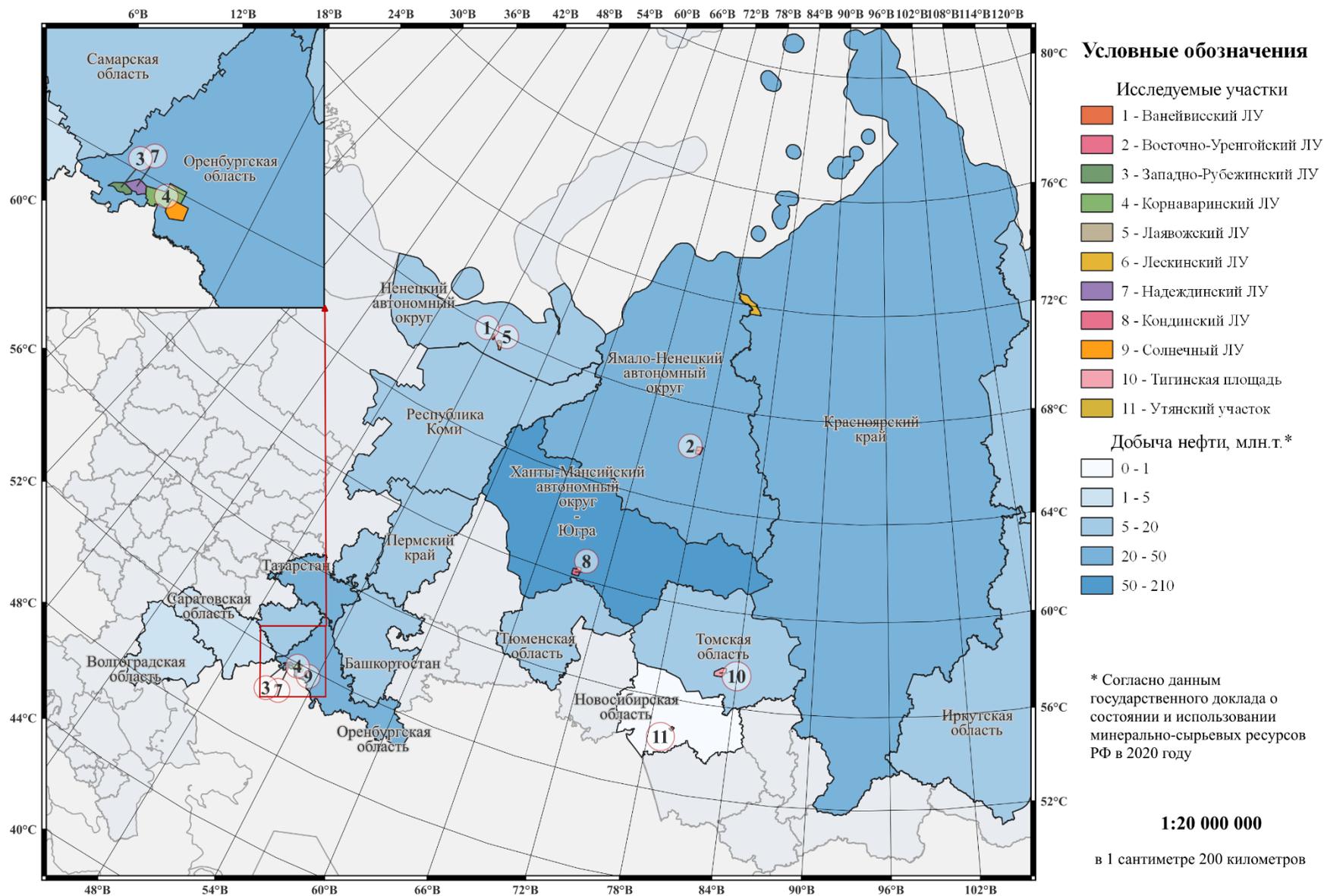


Рис. 1. Схема расположения исследуемых ЛУ

## 2.2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ

Воздействие разнообразных процессов дифференциации вещества формирует ландшафтно-геохимическую структуру, которая часто подчиняется законам географической зональности. В тундровых ландшафтах Западной Сибири процессы гипергенеза и формирование почв имеют свои особенности, связанные с зональными факторами, такими как низкие температуры, повышенная влажность и преобладание застойного водного режима, широкое распространение многолетнемерзлых пород и замедленный биологический круговорот веществ. Разнообразие процессов миграции и накопления веществ может быть представлено двумя основными векторами - биогенной и водной миграцией. В условиях холодно-влажных областей наблюдается интенсивный вынос растворимых веществ из верхних слоев почвы, вызванный избыточной влажностью [62]. Кислые почвенные растворы способствуют активной миграции многих веществ в виде комплексных органических соединений, что может привести к обеднению почв. Однако, биологическое накопление является противовесом этому процессу. Органогенные горизонты почв аккумулируют множество химических элементов и соединений. Особенно интенсивное биологическое накопление наблюдается в тундрах для цинка, свинца и меди [16].

Тундры Западной Сибири находятся в области, где многолетнемерзлые породы широко распространены. Присутствие этих пород и наличие сезонно-талого слоя, где происходят переходы фаз воды, существенно влияют на геохимические характеристики тундровых ландшафтов.

Основным процессом выветривания в полярных территориях является физическое разрушение материнской породы, преобладающее над химическим выветриванием [61]. Частые циклы замерзания и разморозания влажной рыхлой почвы приводят к интенсивному физическому разрушению. Низкие температуры замедляют химическое изменение минералов в породах,

что приводит к небольшому высвобождению оснований. Даже однократное замерзание продолжает выщелачивание воды из породы во льду за счет пленочной воды.

В случае плохой дренированности, вынос минеральных оснований осуществляется поверхностным, боковым или сифонным стоком [61]. Большое содержание органического вещества во внутрисочвенных водах (до 20-40 мг/л) способствует миграционной активности многих микроэлементов [6]. Органические кислоты, медленно окисляющиеся из-за низкой температуры, играют значительную роль в процессе выщелачивания.

В результате происходит значительное перемещение твердого и жидкого материала, что приводит к нарушениям в структуре почвы. В этих ландшафтах наблюдаются такие экзогенные процессы, как термоэрозия, солифлюкция, термокарст, морозное пучение, растрескивание и криотурбация.

Биогеохимическая миграция веществ играет важную роль в процессах выветривания и формирования почв. Роль биоты в формировании геохимической структуры ландшафтов проявляется по двум направлениям. С одной стороны, разложение растительных остатков приводит к образованию подвижных органических кислот, что значительно усиливает химические процессы изменения пород, особенно в верхних слоях почвы.

Низкая интенсивность биологического круговорота и связанная с этим низкая самоорганизация определяют малую устойчивость ландшафтов к антропогенному воздействию [45].

В условиях низкого питательного обеспечения (олиготрофии), низкой тепловой энергии и повышенной влажности происходит превращение органического вещества растительных остатков в две основные формы. Грубые органические остатки образуют кислые перегнойные, перегнойно-торфянистые и торфянистые горизонты на поверхности почвы. Высокодвжимые кислые органические кислоты (такие как фульвокислоты, свободные гуминовые и, возможно, некоторые элементарные органические

кислоты) также формируются в этом процессе и оказывают агрессивное воздействие на минеральную часть почвы.

Криогенное пучение, трещиноватость от мороза, солифлюкция и термокарст способствуют развитию микрорельефа и, в результате, создают мозаичность и сложность почвенного покрова.

Тундровые биоценозы характеризуются низкой продуктивностью и медленным процессом минерализации растительных остатков [41]. Таким образом, биологический круговорот в тундровых геосистемах замедлен, а процесс формирования почв низкой интенсивности. На большей части территории преобладают пески и супеси в почвообразующих породах, что приводит к интенсивному выносу веществ, низкой минерализации почвенных растворов, небольшим запасам минеральных элементов и бедному содержанию микроэлементов.

### 2.3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Ландшафтно-геохимические особенности таежной зоны Западной Сибири в значительной степени определяются повсеместной переувлажненностью и заболоченностью. Эта область может быть названа лесоболотной, так как болота присутствуют повсюду [9, 33]. Заболоченность широко распространена как на положительных, так и на отрицательных формах рельефа из-за замедленного поверхностного стока в условиях слаборазчлененного рельефа. Площадь болот в Западной Сибири составляет около 1 млн км<sup>2</sup>, или 36% от общей площади региона; эта обширная заболоченность делает Западную Сибирь уникальным явлением в масштабах планеты [39]. Болотные системы обладают способностью к саморазвитию и росту, так как существующие болотные комплексы поднимают уровень грунтовых вод на прилегающих территориях [30]. Процесс заболачивания

продолжается до тех пор, пока система обратных связей (отток воды с выпуклых верховых болот) не стабилизирует его.

Из-за постоянного переувлажнения происходит активная миграция вещества в таежной зоне, как в ионной, так и во взвешенной форме. Грунтовые воды в этом районе содержат большое количество органических веществ, так как неполное разложение растительных остатков приводит к образованию растворимых органических кислот [46].

Таежные ландшафты отличаются от тундровых более интенсивным метаболизмом. Продуктивность таежных ценозов значительно выше, чем у субарктических тундр, примерно в 2-5 раз, а емкость биологического круговорота примерно в 4 раза, согласно данным Л.Е. Родина и Н.И. Базилевич [54]. Это означает, что таежные ландшафты имеют более высокий уровень самоорганизации, зависящий от биомассы и продукции, согласно А.И. Перельману [47].

В почвообразующих породах таежной зоны относительно земной коры выделяются две группы элементов. Халькофильные элементы (медь, цинк, свинец) имеют пониженное содержание, а сидерофильные элементы (титан, ванадий, хром, никель, кобальт) имеют повышенное содержание. Процессы биологического накопления оказывают значительное влияние на состав почв тайги. Это приводит к аккумуляции свинца, марганца, цинка, а интенсивный вынос характерен для ванадия, хрома, олова, кобальта. Почвы на участках с преобладанием флювиогляциальных отложений обеднены большинством микроэлементов. Неблагоприятная биогеохимическая ситуация выявлена в Сургутском ландшафтно-геохимическом округе, где содержание микроэлементов в почвах значительно ниже, чем в почвенном кларке. В пространственном распределении микроэлементного состава почв прослеживается своеобразная ступенчатость. Наблюдается относительное обогащение ландшафтно-геохимических комплексов макроповышений (увалов), а обеднение происходит на прилегающих плоских заболоченных

равнинах. Затем происходит вновь обогащение почв в поймах и надпойменных террасах крупных рек, таких как Обь и Иртыш.

В почвах, сформировавшихся на песчаных породах, наблюдается слабая выраженность ландшафтно-геохимических барьеров. Распределение элементов в вертикальном профиле почв зависит от их геохимических свойств. Обычно выделяют две группы элементов: накапливающиеся в органогенных горизонтах (цинк, медь, свинец, кадмий) и мигрирующие из них (железо, кобальт, никель, хром). В результате, в минеральной толще преобладают сидерофильные элементы, а в органогенных горизонтах – халькофильные элементы. Сидерофильные элементы обычно характеризуются высокой подвижностью в водной среде, что приводит к их обеднению в почвах. В то же время, халькофильные элементы накапливаются в почве из-за их низкой подвижности в воде и закрепления на биогеохимических барьерах. В болотных верховых почвах обычно наблюдается низкое содержание элементов, необходимых для минерального питания растений. Торф верховых болот Западной Сибири характеризуется высоким содержанием железа, марганца и хрома, а малые концентрации кадмия.

## 2.4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Степные ландшафты отличаются от лесных ландшафтов значительно меньшей биомассой. В степях биомасса составляет от 100 до 400 центнеров на гектар, и большая часть этой биомассы сосредоточена в корнях растений (70-90%). Ежегодная продукция, то есть количество органического вещества, производимого растениями в течение года, составляет от 13 до 50 центнеров на гектар.

В целинных степях практически вся продукция растений направляется в почву и используется для накопления запасов мертвого органического

вещества. Это связано с низкой активностью разложения органического материала и медленным образованием гумуса в почве. Содержание золы в растениях степей обычно выше, чем в лесных растениях, и может достигать 10%. Высокое содержание золы связано с сухими условиями степных регионов и высокой концентрацией минеральных веществ в растениях.

Целинные степи характеризуются наиболее закрытым круговоротом веществ среди всех типов наземных ландшафтов. Это означает, что большая часть поглощенных растениями питательных веществ остается в почве и рециркулирует внутри системы без значительного выноса или потерь. Этот закрытый круговорот является адаптацией к низкому содержанию питательных веществ в почвах степей.

### ГЛАВА 3. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Из анализа практического опыта проведения ЛЭМ на территориях ХМАО-Югры и ЯНАО можно выделить несколько основных сложностей, с которыми сталкиваются при выполнении ЛЭМ на месторождениях. Эти сложности включают в себя не только проблемы с инфраструктурным обеспечением и разработкой системы критериев для проведения ЛЭМ, но также проблемы, связанные с эффективностью бюрократической и юридической организации ЛЭМ и ее закреплением.

В этой связи в научных публикациях выделяются нижеследующие проблемы.

1. Проблема определения критериев оценки состояния окружающей среды на месторождениях является значительной. В настоящее время система геохимического мониторинга основывается на сравнении предельно допустимых концентраций (ПДК), ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) и фоновых концентраций. Однако, существует проблема отсутствия региональных нормативов ПДК для всех наблюдаемых компонентов окружающей среды. Различия в содержании химических веществ в природной среде в различных геохимических провинциях требуют учета региональной специфики при установлении нормативов ПДК и ОДК [35].

В ХМАО для некоторых компонентов окружающей среды, таких как атмосферный воздух, поверхностные воды и почва, существуют только федеральные нормативы ПДК и ОДК. Региональные нормативы были разработаны только для донных отложений (для нефти и нефтепродуктов) и для почв (остаточное содержание нефти и нефтепродуктов после проведения рекультивационных и восстановительных работ), в то время как соответствующие федеральные стандарты отсутствуют [42, 43]. Для снежного покрова нормативы отсутствуют как на региональном, так и на федеральном

уровне. Это создает сложности при выявлении загрязнения компонентов окружающей среды и разграничении естественных и техногенных источников загрязнения.

В отличие от ХМАО, в ЯНАО имеются региональные нормативы для всех наблюдаемых компонентов окружающей среды, которые закреплены в справочнике по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на мониторинговых полигонах. Это позволяет более эффективно осуществлять экологический мониторинг в Ямало-Ненецком автономном округе.

2. Сложности, связанные с корректировкой проектов ЛЭМ, возникают из-за недостаточных условий, предусмотренных для этого процесса. Законодательство не содержит требований о корректировке проектов ЛЭМ после аварийных ситуаций и инцидентов, которые привели к загрязнению окружающей среды. После аварийных случаев необходимо проводить мониторинг на месте происшествия и на территории, подвергшейся воздействию загрязняющих веществ. Однако законодательно предусмотрена только одна корректировка проекта ЛЭМ раз в три года. Кроме того, действующие требования не обязывают осуществлять дальнейшее наблюдение за участками, подвергшимися аварийному воздействию.

3. Выполнение ЛЭМ (локального экологического мониторинга) обычно связано с высокой стоимостью. В среднем, на одном лицензионном участке ХМАО-Югры стоимость ЛЭМ составляет от 2 до 3 миллионов рублей, а на ЯНАО - от 3 до 5 миллионов рублей. На крупных лицензионных участках стоимость мониторинга может достигать десятков тысяч рублей.

При проведении тендеров на ЛЭМ недропользователи часто выбирают организацию, предложившую наименьшую цену. Это может повлечь риск низкого качества и неполного объема экологического мониторинга. В некоторых случаях исполнитель ЛЭМ может даже подделывать результаты геохимического анализа проб природных компонентов, например, отбирать пробы не в предписанных местах, а в более доступных местах.

Для решения этой проблемы возможно субсидирование или другие финансовые механизмы со стороны государства, которые помогут организациям амортизировать высокие затраты. Это позволит повысить качество предоставляемых услуг и снизить риск манипуляций с данными ЛЭМ.

4. Качество отбора проб и измерений является критически важным аспектом ЛЭМ (локального экологического мониторинга) на месторождениях. От правильности и точности отбора проб зависят результаты анализа и принимаемые дальнейшие решения в области охраны окружающей среды нефтегазовых предприятий.

Неправильный отбор проб может привести к искажению результатов исследования компонентов окружающей среды.

Кроме того, использование устаревшего оборудования при отборе проб и проведении геохимического анализа может привести к неточности информации о состоянии компонентов природной среды.

Для обеспечения высокого качества отбора проб и измерений важно иметь квалифицированный персонал, обновлять оборудование и строго соблюдать требования и стандарты, установленные для ЛЭМ. Это поможет минимизировать возможные искажения результатов и обеспечить более точную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды.

5. Труднодоступность районов месторождений из-за труднопроходимых ландшафтов и отсутствия прямых сообщений с населенными центрами представляет значительные логистические сложности для проведения ЛЭМ (локального экологического мониторинга). Она также влияет на своевременную доставку отобранных проб природных компонентов в лабораторию для анализа.

После отбора проб углеводороды подвержены быстрой окислительной активности микроорганизмов, что может привести к искажению результатов геохимического анализа. Поэтому очень важно оперативно доставлять

отобранные пробы в лабораторию для минимизации времени хранения и потенциального окисления.

Однако на северных месторождениях ЯНАО существуют дополнительные сложности. Они характеризуются отсутствием круглогодичных подъездных дорог, сложными дорожными метеоусловиями и удаленностью от основных дорожных магистралей. Все это затрудняет быструю и надежную доставку проб в лабораторию для анализа.

6. Учет условий окружающей среды при отборе проб и проведении сопутствующих измерений является важным аспектом ЛЭМ (локального экологического мониторинга). Сезонные вариации химического состава проб могут значительно влиять на их качество и достоверность результатов анализа.

Для обеспечения репрезентативности и сравнимости данных отбор проб должен производиться с одинаковой периодичностью, в одни и те же сроки и гидрологические фазы каждого года. Это позволяет учесть сезонные изменения и исключить их влияние на результаты мониторинга. Кроме того, отбор проб компонентов окружающей среды может быть ограничен определенными погодными условиями.

Например, отбор проб воды на озерах проводится дважды в год - после освобождения ото льда (май) и в летне-осеннюю межень (август-сентябрь). Определение нефтепродуктов и хлоридов производится ежемесячно с мая по ноябрь. Снег отбирается в период максимального снегонакопления, обычно в первой декаде апреля. Отбор проб почвы проводится в летний освобожденный от снега период, при ясной или пасмурной, но не дождливой погоде. Опробование атмосферного воздуха происходит дважды в год - в бесснежный период (июнь, сентябрь).

Однако проблема заключается в трудности предвидеть погодные условия и обеспечить определенные климатические условия для проведения измерений и отбора проб. Плохая погода может вызвать необходимость переноса проведения измерений и отбора проб на более благоприятные временные интервалы. В таких случаях необходимо гибко планировать и

организовывать ЛЭМ, учитывая возможность изменений в погодных условиях и наличие альтернативных сценариев для проведения мониторинга.

7. Во время работы в полевых условиях есть риск столкнуться с дикими животными, такими как медведи, волки и лоси, которые могут быть опасными для людей. Для обеспечения безопасности необходимо знать правила взаимодействия с хищными животными и следовать им. Кроме того, полевые бригады должны иметь доступ к огнестрельному оружию.

8. Организация ЛЭМ сталкивается с бюрократическими сложностями. Обычно выполнение ЛЭМ поручается сторонним компаниям. Однако для работы на объектах ЛЭМ требуется получение специального разрешения. Процедура оформления разрешающих документов и производственных допусков может занять значительное время - от нескольких недель до месяца. Это создает дополнительные задержки в проведении мониторинга и может оказывать влияние на своевременность выполнения работ.

Таким образом, в процессе проведения ЛЭМ на месторождениях нефти и газа возникают определенные сложности, снижающие его эффективность. Поэтому ЛЭМ нуждается в оптимизации.

ЛЭМ является ключевым организационным инструментом в промышленных зонах лицензионных участков, предназначенным для сбора информации о состоянии окружающей среды влиянием техногенных факторов. ХМАО-Югра и ЯНАО являются одними из немногих регионов России, где установлены официальные требования к проведению ЛЭМ на участках месторождений углеводородного сырья. Система мониторинга компонентов окружающей среды на месторождениях нефти и газа в этих регионах включает два основных этапа: фоновый мониторинг и локальный экомониторинг. Сравнение текущих показателей с фоновыми данными позволяет достаточно точно оценить воздействие человека на окружающую среду.

В организации и проведении ЛЭМ в ХМАО-Югре, в отличие от ЯНАО, существуют значительные проблемы, связанные с отсутствием региональных

нормативов для большинства компонентов окружающей среды. Даже на федеральном уровне не все компоненты имеют установленные стандарты предельно допустимых концентраций и ориентировочных допустимых концентраций. Некоторые компоненты, такие как снежный покров, донные отложения и частично почва, не имеют разработанных стандартов. Кроме того, существуют общие проблемы, связанные с качеством проведения наблюдений и географическими особенностями местности, которые затрагивают оба региона.

## ГЛАВА 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

### 4.1. МОНИТОРИНГ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

При проведении сравнительного анализа экологического мониторинга нефтегазодобывающих месторождений в различных субъектах Российской Федерации пристальное внимание уделялось не результатам, а скорее характерным особенностям проведённых работ. Это связано с тем, что оценка эффективности при кардинально отличающихся исходных характеристиках (общая площадь антропогенной нарушенности, количество затрат на природоохранную деятельность, литогеохимическая особенность территории и т.д.) затруднительна и может быть связана с множеством методологических ошибок.

Одним из обязательных видов работ является мониторинг состояния атмосферного воздуха. Из 12 проанализированных систем мониторинга (рисунок 2), такие показатели как метан ( $\text{CH}_4$ ), диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) и диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) исследуются во всех объектах. Также одним из распространённых показателей является монооксид азота ( $\text{NO}$ ). Угарный газ ( $\text{CO}$ ), пыль (взвешенные вещества), сажа (углерод) и бенз/а/пирен встречаются в половине проанализированных систем мониторинга. Единично встречаются такие показатели как углеводороды и сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Рассмотрим подробнее вышеперечисленные показатели, и постараемся объяснить их выбор в отдельно взятых системах экологического мониторинга.

Метан и сероводород являются компонентами попутного нефтяного и природного газов, соответственно они могут выступать маркерами утечек таких объектов как скважины (законсервированные, эксплуатационные), трубопроводы и т.д. Наличие метана в качестве «обязательного» исследуемого показателя хорошо объясняется тем, что он является главным компонентом



Рис. 2. Встречаемость исследуемых показателей атмосферного воздуха попутного и природного газов. Однако выбор дигидросульфида в качестве маркера вызывает сомнение, ведь он находится в следовых содержаниях. Выбор сероводорода можно объяснить тем, что он является характерным компонентом для газов данного месторождения, тогда его значимость составляет оценка безопасности атмосферного воздуха, так как H<sub>2</sub>S относится ко второму классу опасности и его ПДК м.р. составляет 0,008 мг/м<sup>3</sup> [57].

Следующей группой веществ являются продукты сгорания, а именно оксиды (азота, серы, углерода), сажа и бенз/а/пирен. Поскольку источниками выбросов данных веществ являются множество как стационарных, так и передвижных источников, то использование их в качестве маркеров затруднительно. В данном случае их применение объясняется именно оценкой состояния окружающей среды.

Оставшиеся вещества (взвешенные вещества и углеводороды) являются совокупностью различных веществ и имеют ряд источников поступления в атмосферу. Для упрощения углеводороды были объединены в одну группу, однако изначально в одном из объектов (Восточно-Уренгойский ЛУ) определялись предельные углеводороды C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub>, а во втором (Ванейвисский

и Лаявожский ЛУ) определялись предельные углеводороды C1-C10. В атмосферный воздух они поступают с отходами нефтеперерабатывающих производств.

Это делает сажу важным фактором в переносе вредных соединений в атмосфере. Длительный контакт с сажей может вызывать рак кожи, усиливать респираторные заболевания и раздражение слизистой оболочки верхних дыхательных путей.

В пределах Ханты-Мансийского автономного округа обязательными к изучению показателями являются оксиды азота ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), угарный газ ( $\text{CO}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), пыль и сажа. В Ямало-Ненецком автономном округе к этому списку добавляется бенз/а/пирен, он относится к первому классу опасности. Углеводороды и дигидросульфид замерялись по желанию недропользователя.

Подводя итог хотелось бы отметить, что главной задачей при изучении содержания вышеперечисленных показателей, как и проведение самого экологического мониторинга, является изучение состояния окружающей среды, а именно атмосферного воздуха. Однако существующая законодательная и нормативная база позволяет оценить безопасность только со стороны влияния на человека, установленная СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Поэтому результаты работ по экологическому мониторингу состояния атмосферного воздуха не позволяют однозначно сказать о состоянии растительного покрова и животного мира.

Также стоит обратить внимание на распределение исследуемых показателей по регионам (рисунок 3). Так в Новосибирской области, Томской области и Ненецком автономном округе список показателей схож, что объясняется тем, что работы на данных участках ведёт одна компания. Из положительного опыта учёта региональных особенностей, можно привести

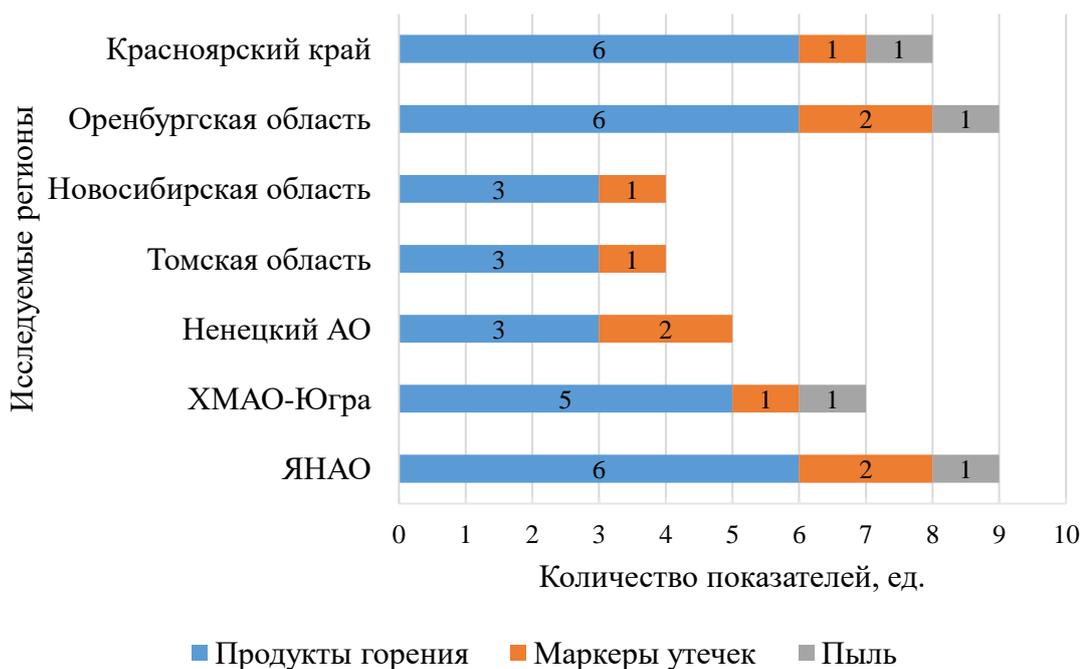


Рис. 3. Группы исследуемых показателей атмосферного воздуха

один из лицензионных участков в Оренбургской области. Так там определяется сероводород, что может объясняться тем, что данный показатель является специфичным для данного участка.

#### 4.2. МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ (СНЕЖНОГО ПОКРОВА)

Следующим видом работ при проведении экологического мониторинга является изучение атмосферных осадков (снежного покрова).

Из всех исследуемых систем, мониторинг снежного покрова проводился в 9 объектах. Практически во всех них исследуемые показатели совпадали, исключением стал Кондинский лицензионный участок, расположенный в Ханты-Мансийском автономном округе.

Снежный покров является накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, которые выпадают из атмосферы. При таянии снега эти вещества попадают в природные среды, в основном в воду, и загрязняют их.

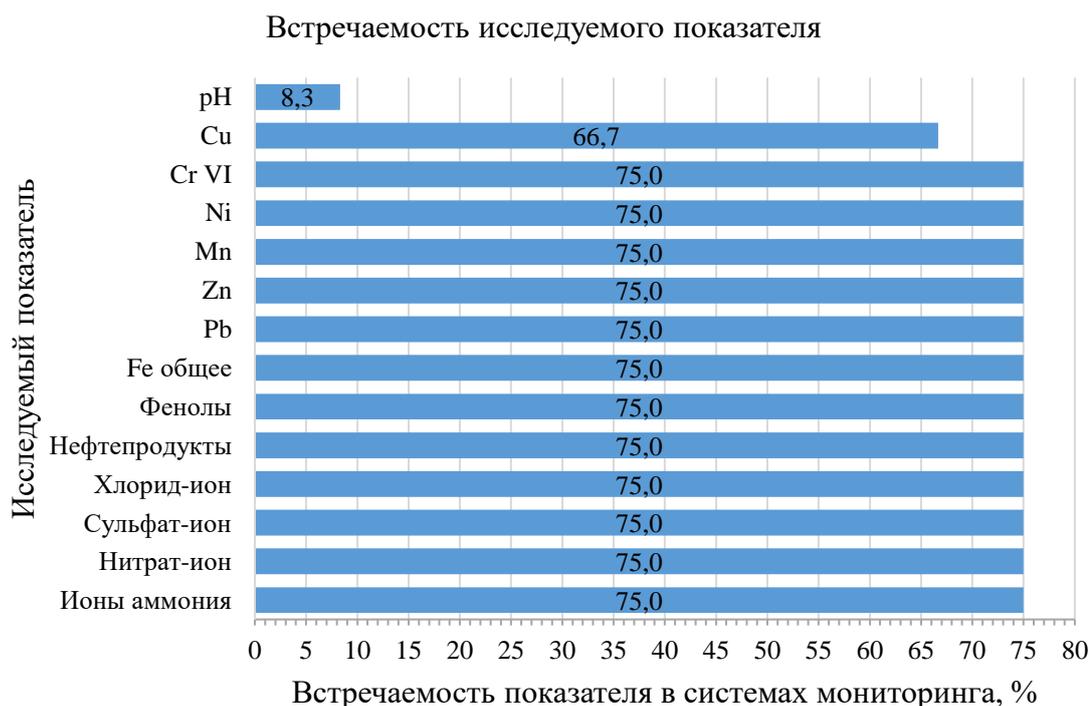


Рис. 4. Встречаемость исследуемых показателей снежного покрова

Измерение загрязняющих веществ в снеге позволяет оценить загрязнение атмосферы, воды и почвы.

Исследуемые показатели можно разделить на ионный состав, тяжелые металлы, органические вещества и общий показатель.

Ионы аммония, нитрат-ион и сульфат-ион позволяют оценить загрязнение оксидами серы и азота, образующимися в процессе сжигания топлива. Помимо этого сульфат- и хлорид-ионы являются одними из главных анионов в природных водах. Источниками сульфатов и хлоридов в снеготалой воде, помимо продуктов сжигания ископаемого горючего, могут являться атмосферные осадки, формирующиеся в условиях морского климата.

Тяжелые металлы относятся к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. Химический состав фильтрата талого снега формируется в результате поступления с осадками различных химических элементов, поглощения снежным покровом газов, водорастворимых аэрозолей и взаимодействия со снежным покровом твердых частиц, оседающих из

атмосферы. Определялась концентрация следующих металлов: Fe, Pb, Zn, Mn, Ni, Cr, Cu.

Следующая группа — это органические соединения. Фенол является веществом второго класса опасности согласно санитарно-гигиеническим характеристикам. Он обладает свойством суммирования эффектов и может вызывать повреждения дыхательных путей, злокачественные опухоли, сердечно-сосудистые заболевания и нарушения вегетативной системы. Фенол в природе может быть источником биогенного или техногенного происхождения. Биогенные источники включают растительный мир и микроорганизмы, техногенные источники - выбросы от промышленных предприятий. Вторичные фенолы, образующиеся в атмосфере в результате химических реакций неполного сгорания выхлопных газов, также представляют опасность. Пожары также способствуют образованию вторичных фенолов.

Определение водородного показателя приурочено к Ханты-Мансийскому автономному округу, где он является обязательным к изучению. Измерение рН позволяет определить наличие кислотных осадков, которые могут вызвать подкисление природных сред. Этот процесс начинается, когда загрязняющие вещества в атмосфере, такие как диоксид серы и оксиды азота, превращаются в соединения серной и азотной кислоты, изменяя их свойства. В солнечные дни эти кислотные соединения могут быть перенесены ветром в виде мелких частиц. В дождливые дни они растворяются в каплях дождя или накапливаются в облаках, а затем выпадают на землю, окисляя окружающую среду.

Подводя итоги хотелось бы отметить, что исследуемые показатели практически полностью совпадают согласно списку в постановлении ЯНАО (рисунок 5). Исключением стал участок в Ханты-Мансийском автономном округе, что объясняется отличием исследуемых показателей между постановлениями ЯНАО и ХМАО-Югры. Также, как можно заметить на

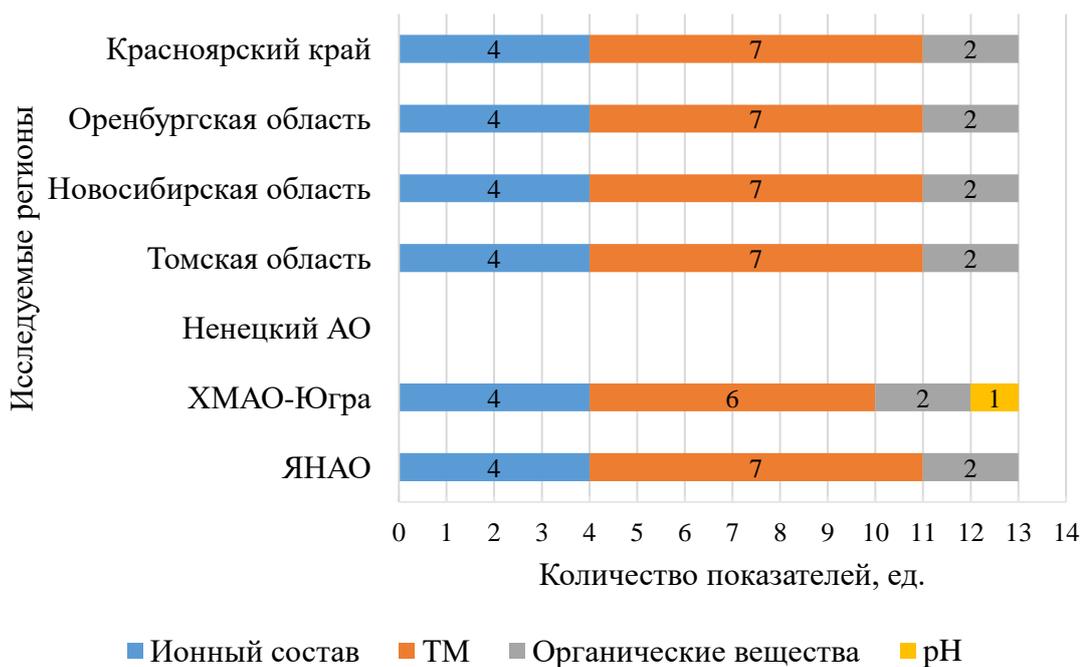


Рис. 5. Группы исследуемых показателей снежного покрова

графиках (рисунок 4; рисунок 5), исследование снежного покрова не всегда проводится, так как на федеральном уровне данное исследование не закреплено, а его проведение может быть дорогостоящим из-за дополнительных издержек с транспортировкой.

#### 4.3. МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Изучение состояния поверхностных природных вод также является одним из обязательных видов работ при проведении экологического мониторинга.

Первой группой показателей можно выделить такие показатели как рН и Eh. Водородный показатель является обязательным для определения как в Ямало-Ненецком, так и в Ханты-Мансийском автономных округах.

Определение рН является значимым фактором для оценки качества природных вод. Уровень концентрации ионов водорода играет важную роль в химических и биологических процессах, которые происходят в природных

## Встречаемость исследуемых показателей для поверхностных вод

Встречаемость	Показатели
Часто (11-12)	pH <sup>*</sup> , сульфат-ион <sup>*</sup> , нефтепродукты <sup>*</sup> , Fe (общ) <sup>*</sup> , Pb <sup>*</sup> , Zn <sup>*</sup> , Cu <sup>*</sup> , Ni <sup>*</sup> , Cr <sup>*</sup> , Mn <sup>*</sup> , АПАВ <sup>*</sup> , фенолы <sup>*</sup>
Средне (4-7)	Аммоний-ион <sup>*</sup> , хлорид-ион <sup>*</sup> , нитрат-ион <sup>*</sup> , фосфат-ион <sup>*</sup> , Hg <sup>*</sup> , БПК <sup>*</sup> , Со, сухой остаток, перманганатная окисляемость, V, взвешенные вещества, ХПК, цветность, мутность, жесткость, запах, растворённый O <sub>2</sub> , Eh, фториды, сульфиды
Редко (1)	K, Na, Mg, Ca, Cd, Al, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , токсичность <sup>''</sup>
<p><sup>*</sup> – показатели являющиеся обязательным для изучения в ЯНАО;  <sup>''</sup> – показатели являющиеся обязательным для изучения в ХМАО  Примечание: в ХМАО БПК определяется полный, в ЯНАО БПК<sub>5</sub>. В поверхностной воде определяются растворимые формы тяжелых металлов.</p>	

водах. Он в значительной степени определяет устойчивость различных форм миграции элементов, процессы превращения биогенных элементов и степень токсичности загрязняющих веществ.

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) отражает активность электронов в окислительно-восстановительных реакциях, которые связаны с передачей или присоединением электронов. ОВП зависит от температуры и имеет взаимосвязь с pH. В некоторых случаях ОВП является важным параметром для контроля качества воды, особенно при оценке эффективности процесса обеззараживания. Однако, в экологическом мониторинге применение этого показателя вызывает сомнения, так как установленные нормы обычно оценивают безопасность воды с точки зрения человека, в то время как состояние водных организмов трудно оценить с помощью ОВП.

Медь относится к группе элементов – легкоподвижных мигрантов в надмерзлотных водах, происходит ее вымывание из почв и, соответственно, поступление в водные объекты.

Соединения хрома попадают в поверхностные воды в результате выщелачивания из минеральных пород, таких как хромит и уваровит. Также

некоторое количество хрома поступает в воду в процессе разложения организмов и растений, а также из почвы. Значительные объемы хрома могут попадать в водоемы через сточные воды предприятий химической промышленности. Концентрация ионов хрома может снижаться в результате их потребления водными организмами и процессов адсорбции. В поверхностных водах соединения хрома могут образовывать коллоидные взвеси или сорбироваться на глинистых частицах.

Ртуть встречается в разнообразных химических формах в окружающей среде: в загрязненных природных водах она часто присутствует в виде сложных органических соединений, а в промышленных отходах, попадающих в природные среды, часто содержится в неактивной химической форме, например, в виде цианидов, сульфидов и других соединений.

Соединения никеля в поверхностных водах могут находиться в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, причем их соотношение зависит от состава воды, температуры и рН. Растворенные формы никеля в основном представлены комплексными ионами. Он часто мигрирует в виде комплексов с аминокислотами, гуминовыми и фульвокислотами. Никель может попадать в воду из почв и также образовываться в результате разложения растительных и животных организмов, присутствующих в водоемах. Одним из источников антропогенного появления никеля в водных объектах являются сточные воды различных производств, включая нефтедобывающую промышленность.

Цинк является микроэлементом, который играет важную роль в составе некоторых ферментов.

Марганец в поверхностные воды поступает из различных источников. Один из главных источников - это выщелачивание марганцем из железомарганцевых руд и других минералов, содержащих марганец. Также значительные количества марганца могут поступать в воду в результате разложения водных животных и растительных организмов. Миграция соединений марганца в поверхностных водах осуществляется в основном в

форме взвесей, которые образуются в результате осаждения марганцевых соединений. Состав этих взвесей зависит от состава дренируемых пород и растворенных веществ в воде. Органические вещества играют важную роль в миграции марганца в растворенной и коллоидной формах. Они могут образовывать комплексы с марганцем, что способствует его удержанию в растворенном состоянии. Процессы комплексообразования марганца с неорганическими и органическими веществами, такими как органические кислоты и гумусовые вещества, также влияют на миграцию марганца в поверхностных водах.

Основным источником железных соединений в поверхностных водах являются процессы химического выветривания подстилающих пород. При взаимодействии с минеральными и органическими веществами, содержащимися в природных водах, железо формирует сложный комплекс соединений, которые могут находиться в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях [4]. Следует отметить, что железо является распространенным элементом на северных территориях, особенно в болотных ландшафтах, которые составляют значительную часть водосборных бассейнов. Это объясняется подвижностью железа в условиях восстановительной среды таких местностей.

Далее стоит выделить такую группу показателей, как ионные формы веществ, а именно анионы. Исследование данных показателей позволяет выявить признаки засоления, эвтрофикации и в целом проведение оценки состояния природных вод. Такие анионы как хлориды, сульфаты, карбонаты и гидрокарбонаты являются основными в минеральном составе. В зависимости от преобладающего аниона О.А. Алекин предложил классифицировать природные воды на три больших класса:

- Гидрокарбонатные (и карбонатные)  $\text{HCO}_3^-$  ( $\text{CO}_3^{2-}$ )
- Сульфатные ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
- Хлоридные ( $\text{Cl}^-$ )

Содержание ионов хлора в поверхностных водах северных регионов существенно зависит от основных источников питания рек, преимущественно от маломинерализованных дождевых вод. Влияние грунтового питания водотоков на концентрацию хлора незначительно. Согласно данным А.Г. Бабушкина, в фоновых условиях региона содержание хлоридов летом не превышает 10-15 мг/дм<sup>3</sup> [4]. Однако повышенное содержание хлоридов в поверхностных водах может быть результатом выхода на поверхность минерализованных вод межмерзлотных слоев. Значительные количества хлоридов также поступают в воду из промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Сульфаты являются одними из основных анионов и присутствуют практически во всех поверхностных водах. Значительное количество сульфат-ионов поступает в водные экосистемы в результате разложения организмов, окисления веществ растительного и животного происхождения, а также из грунтовых вод. В последние годы роль техногенных факторов в формировании содержания сульфатов в поверхностных водах становится все более значительной. Большие концентрации сульфатов присутствуют в шахтных водах и промышленных стоках. Сульфаты также поступают в воду через сточные воды из коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства. Повышенные уровни сульфатов ухудшают качество воды и оказывают физиологическое воздействие на живые организмы.

Присутствие ионов аммония в незагрязненных поверхностных водах обусловлено преимущественно биохимическим разложением белковых веществ. В водоемах с переходом от олиготрофных к мезо- и эвтрофным наблюдается увеличение как абсолютной концентрации ионов аммония, так и их доли в общем балансе связанного азота. Аммонийный азот является биогенным веществом, которое активно влияет на жизнедеятельность водных организмов. Соединения азота служат важным показателем загрязнения воды и обладают токсичностью.

Северные реки характеризуются повышенным содержанием природных органических веществ и аммонийного азота. Это объясняется медленным разложением органических веществ и недостатком энергетических ресурсов, характерных для таежных зон и зон северной арктической тундры. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий при использовании аммонийных удобрений, а также сточные воды промышленных предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.

Присутствие аммония в концентрациях около  $1 \text{ мг/дм}^3$  оказывает негативное воздействие на рыб, так как снижает их способность связывать кислород гемоглобином. Рыбы могут проявлять признаки интоксикации, такие как возбуждение, судороги, беспокойное поведение и прыжки на поверхность воды. Механизм токсического действия включает возбуждение центральной нервной системы, повреждение жаберного эпителия и разрыв эритроцитов. Токсичность аммония возрастает при повышенном рН среды [15].

Повышенная концентрация ионов аммония может использоваться как индикаторное значение, отражающее ухудшение санитарного состояния водного объекта и процесс загрязнения поверхностных и подземных вод, особенно от бытовых и сельскохозяйственных стоков.

Нитриты выполняют роль промежуточного звена в бактериальных процессах окисления аммония до нитратов (нитрификация) в присутствии кислорода, а также восстановления нитратов до азота и аммиака (денитрификация) при недостатке кислорода. Эти окислительно-восстановительные реакции характерны для станций аэрации, систем водоснабжения и природных вод. В поверхностных водах нитриты находятся в растворенном состоянии. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органических веществ при медленном окислении нитритов в нитраты, что является признаком загрязнения водного

объекта и важным санитарным показателем. Нитриты и нитраты входят в программы обязательного наблюдения за составом поверхностных вод в рамках глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды (ГСМОС/GEMS) [15].

Наличие нитратных ионов в природных водах связано с несколькими факторами - внутриводные процессы нитрификации, при которых аммонийные ионы превращаются в нитратные ионы в присутствии кислорода и действия нитрифицирующих бактерий.

Главными процессами, направленными на снижение концентрации нитратов, являются потребление нитратов фитопланктоном и денитрификация, которая происходит при недостатке кислорода и включает использование нитратов в качестве источника кислорода для окисления органических веществ.

В водных системах фосфор присутствует в органических и неорганических соединениях. Органический фосфор поступает в воду в результате жизнедеятельности и разложения водных организмов. Неорганический фосфор образуется в результате выветривания и растворения минералов, таких как апатиты, а также поступает вместе с поверхностным стоком в виде удобрений, синтетических моющих средств и других химикатов. Избыточное содержание фосфатов в воде может указывать на присутствие веществ, таких как удобрения, хозяйственно-бытовые стоки и разлагающаяся органическая материя, в данном водном объекте [14]. Фосфаты не являются типичными загрязнителями, связанными с деятельностью газодобывающих комплексов. Повышенное содержание фосфатов может свидетельствовать о замедленном процессе минерализации органической материи. Низкая скорость разложения органических веществ обусловлена недостатком сапрофитной микрофлоры, что характерно для северных рек и озер.

Эвтрофикация - это процесс, при котором водоемы насыщаются биогенными элементами, что приводит к увеличению биологической

продуктивности. Этот процесс может быть естественным, связанным с естественным старением водоема, или вызванным воздействием человека. Главные химические элементы, способствующие эвтрофикации, это фосфор и азот. Эвтрофичные водоемы характеризуются богатой растительностью на береговой линии и на дне, а также обилием планктона. Однако, несбалансированная искусственная эвтрофикация может привести к чрезмерному размножению водорослей (цветению воды), дефициту кислорода и гибели рыб и других организмов. Этот процесс объясняется ограниченным проникновением солнечного света в глубину водоема, что приводит к отсутствию фотосинтеза у водных растений и, как следствие, к дефициту кислорода.

Для оценки уровня органического загрязнения природных и сточных вод используются такие показатели, как биохимическое потребление кислорода (БПК).

Нефтепродукты представляют собой сложную и разнообразную смесь веществ, но в гидрохимии они обычно рассматриваются в контексте углеводородной фракции, которая включает алифатические, ароматические и алициклические углеводороды. В водных экосистемах нефтепродукты могут находиться в различных формах, таких как растворенная, эмульгированная, сорбированная на взвешенных частицах и донных отложениях. При проведении эколого-химических исследований необходимо учитывать все эти формы нефтепродуктов [14]. Содержание нефтепродуктов в природных поверхностных водах зависит от трофического статуса водоема и существенно подвержено влиянию биогенных факторов.

Фенолы в естественных условиях образуются в результате различных биохимических процессов, включая метаболизм водных организмов и деградацию органических веществ. Они могут быть как природного, так и техногенного происхождения. В незагрязненных поверхностных водах фенолы часто находятся в растворенной форме или могут образовывать сложные соединения через реакции конденсации и полимеризации. Фенолы

могут поступать в водные экосистемы через различные пути, включая метаболизм организмов, деградацию органических веществ и загрязнение сточными водами. Фенолы являются распространенными загрязнителями поверхностных вод и могут оказывать негативное влияние на экосистемы. Они обладают токсичностью и могут изменять газовый режим воды. Повышенное содержание фенолов может приводить к снижению разнообразия и количества водных организмов, а также вызывать другие негативные последствия для экосистемы.

Анализ органолептических свойств воды позволяет выявить аномальные явления, не характерные для исследуемых водных источников. Оценка органолептических характеристик воды на ранних стадиях позволяет обнаружить наличие внешних загрязнений, таких как отмирающая рыба и водоросли, повышенное содержание ила и масляные пленки. Однако существующие стандарты качества вод, основанные на органолептических критериях, часто имеют антропоцентрическую направленность, что затрудняет их использование для оценки безопасности природных вод для экосистем.

В поверхностных природных водах присутствуют взвешенные вещества, которые в основном представлены частицами глины, песка, ила, а также суспензиями органических и неорганических веществ. Количество взвесей зависит от сезонных изменений и стока, состава грунта, осадков перед отбором проб, а также от воздействия человека. Повышение концентрации взвешенных веществ в воде может достигать опасных уровней, что увеличивает адсорбцию токсичных веществ.

Мутность воды характеризует наличие в ней частиц песка, глины, ила, планктона, водорослей и других механических примесей, которые попадают в воду из-за размыва речного дна и берегов, дождевых и талых вод, сточных вод и других источников.

Цветность воды вызвана наличием соединений железа, иногда гумусовыми веществами и водорослевым цветением водоемов.

Общая жесткость воды определяется суммарным содержанием кальция и магния и выражается как сумма карбонатной и некарбонатной жесткости.

Общее количество веществ (за исключением газов), находящихся в растворенном состоянии, определяется сухим остатком, который получается после испарения фильтрованной воды.

Исследование содержания катионов калия ( $K^+$ ), натрия ( $Na^+$ ), магния ( $Mg^{2+}$ ) и кальция ( $Ca^{2+}$ ) является важным аспектом классификации природных вод по их минерализации. Существуют три основных типа вод в зависимости от преобладающих ионов:

1. Калий-натриевые воды, где ионы  $Na^+$  и  $K^+$  являются основными катионами. Эти ионы попадают в природные воды в результате растворения солей, таких как  $NaCl$ , которые находятся в коренных породах. Превышение ионов  $Na^+$  над ионами  $K^+$  обусловлено высоким поглощением калия почвами и его извлечением растениями из воды.

2. Кальциевые воды, где преобладающими ионами являются  $Ca^{2+}$ . Ионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  встречаются во всех минерализованных водах и попадают в них из залежей минералов, таких как известняки, гипс и доломиты. В маломинерализованных водах преобладает содержание ионов  $Ca^{2+}$ , однако с ростом степени минерализации концентрация ионов  $Ca^{2+}$  падает, а содержание ионов  $Mg^{2+}$  растет. В высокоминерализованных водах содержание ионов  $Mg^{2+}$  может достигать значительных значений, в то время как содержание ионов  $Ca^{2+}$  не превышает 1 г/л. Ионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  играют основную роль в определении жесткости воды, которая должна быть менее 7 мг-экв./л.

3. Магниево-кальциевые воды, где преобладающими ионами являются  $Mg^{2+}$ . Эти воды обычно характеризуются высокой минерализацией и содержат значительное количество ионов  $Mg^{2+}$ .

Анализ содержания указанных катионов позволяет классифицировать воду и определить ее характеристики в контексте минерализации и жесткости.

Одна из основных причин негативных последствий антропогенного загрязнения природных вод - токсическое воздействие загрязняющих веществ на гидробиоту. Исследование токсичности поверхностных природных вод является обязательным в Ханты-Мансийском автономном округе. Благодаря особенностям литогеохимии этой территории экосистемы могут быть адаптированы к повышенным содержаниям элементов и веществ. Биотестирование и биоиндикация позволяют оценить влияние не отдельных показателей, а общее состояние гидробионтов.

Подведём итоги, как можно заметить на рисунке 4.5 закономерности между региональными особенностями территории и исследуемыми показателями не выявлено. Так показатели в Новосибирской области, Томской области и Ненецком автономном округе практически идентичны друг другу, однако лицензионные участки находятся в различных природных зонах, в то время как НАО по природным условиям больше схож с ЯНАО. Стоит отметить, что работы на данных участках ведёт одна компания.

Подобная картина встречается и в Красноярском крае и Оренбургской области. На этих участках также одна и та же компания проводит работы.

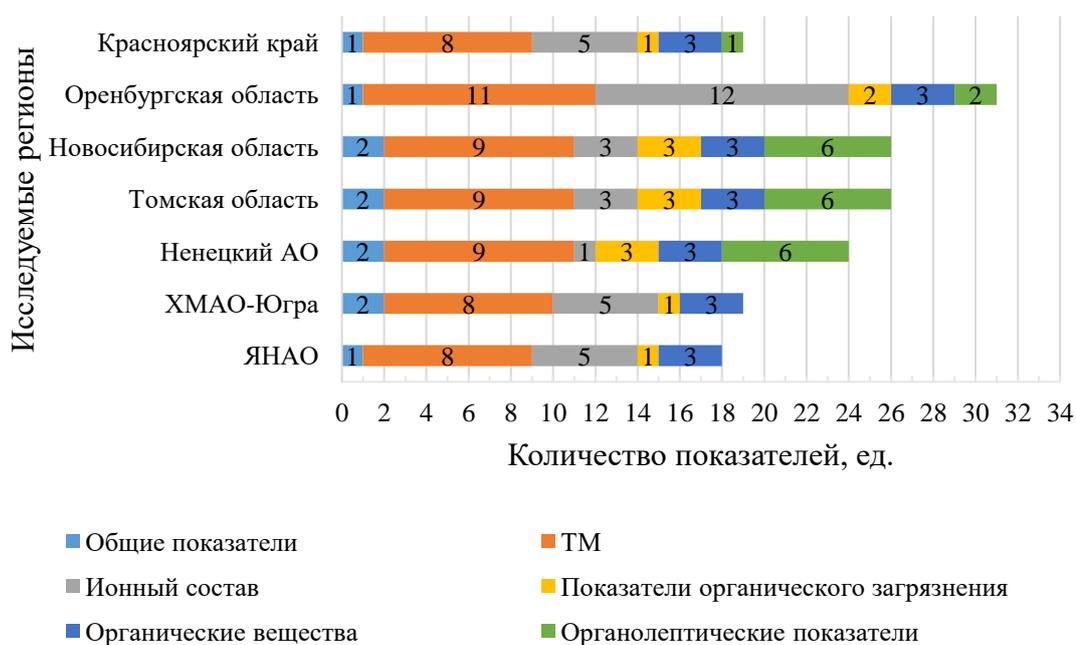


Рис. 6. Группы исследуемых показателей поверхностных вод

На первый взгляд может показаться, что исследуемые показатели отличаются, однако на 3 участках из 4 в Оренбургской области показатели совпадают с показателями в Красноярском крае. Только участок в Красноярском крае относится к зоне тундр, а в Оренбургской области к степной зоне.

Таким образом проведение ЛЭМ от одного заказчика имеет схожий вид в различных регионах.

#### 4.4. МОНИТОРИНГ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В рамках мониторинга водных объектов также производится отбор проб донных отложений. Из всех исследуемых систем, мониторинг донных отложений проводился на 11 участках.



Рис. 7. Встречаемость исследуемых показателей донных отложений

Выбор исследуемых показателей однороден на анализируемых участках. Большинство показателей, такие как нефтепродукты, водородный показатель, сульфат- и хлорид-ионы, Pb, Zn, Mn, Ni, Cr, Cu и Fe встречаются на всех участках, где проводился мониторинг донных отложений, также они

закреплены постановлениями ЯНАО и ХМАО. Ртуть, кадмий и поверхностно-активные вещества изучались на половине исследуемых участков. Органика и токсичность встречаются единично. Большинство показателей соответствуют постановлениям ЯНАО и ХМАО, что говорит о том, что они выступают базисом для систем мониторинга в других регионах (рисунок 7).

В первую группу можно отнести такие общие показатели как pH и токсичность.

Величина водородного показателя донных отложений зависит от содержания органических кислот, газов, гидролиза солей и деятельности микроорганизмов.

Донные отложения играют важную роль в загрязнении водных экосистем, так как они являются долговременной средой для накопления загрязнений. Они могут одновременно способствовать самоочищению воды и быть источником вторичного загрязнения. Оценка токсичности донных отложений можно получить с помощью биотестирования. Этот метод позволяет определить прямое воздействие загрязнения на гидробионтов, учитывая диапазон толерантности живых организмов.

Следующей группой показателей выступает ионный состав донных отложений. Поступление хлоридов и сульфатов в поверхностные водные объекты, в том числе донные отложения, происходит с поверхностным стоком при вымывании из почв, при выходе на поверхность высокоминерализованных пластовых вод.

Техногенное засоление водных объектов связано с несчастными случаями, при которых происходит разлив высокоминерализованных вод. Эти воды часто используются для поддержания давления в скважинах. Кроме того, загрязнение земель нефтью также может привести к повышенной минерализации вод из-за смешения сырой нефти с минерализованными водами [25, 66]. Повышенное содержание хлоридов и сульфатов в воде может указывать на загрязнение водных объектов нефтяными месторождениями.

Нефтяные углеводороды, или нефтепродукты, могут накапливаться в донных отложениях из-за медленной скорости фотохимического и микробиологического разложения при низких температурах. Это означает, что когда значительное количество нефтепродуктов попадает в водные объекты, например, в результате аварийных разливов, они могут накапливаться в донных осадках и создавать очаги вторичного загрязнения. Наличие нефтяного загрязнения в донных осадках является признаком антропогенного воздействия на месторождения углеводородного сырья. Однако следует отметить, что поверхностные воды и донные отложения содержат определенное количество естественных углеводородов, которые образуются в результате разложения органического материала, такого как детрит и растительные остатки.

Поверхностно-активные вещества попадают в водные объекты и донные отложения вместе с хозяйственно-бытовыми сточными водами. Если значительное количество поверхностно-активных веществ накапливается в донных осадках и при условиях наличия кислорода происходит окисление их микрофлорой, то в анаэробных условиях эти вещества могут накапливаться в донных отложениях и становиться источником вторичного загрязнения.

В последнюю группу веществ относятся такие тяжелые металлы как свинец, цинк, марганец, никель, хром, медь, железо, ртуть и кадмий.

Железо (Fe) и марганец (Mn) являются важными элементами в водной среде и донных отложениях. Главными источниками соединений этих металлов являются процессы химического выветривания пород, которые сопровождаются их механическим разрушением и растворением. Содержание железа и марганца в водных системах может значительно варьировать в зависимости от типа отложений, окислительно-восстановительных условий и значения pH.

Медь (Cu) является элементом, необходимым для многих организмов в низких концентрациях, так как она участвует в ряде биохимических

процессов. Однако повышенные концентрации меди в окружающей среде могут иметь негативное воздействие на живые организмы.

В реках и других водных системах медь переносится преимущественно в виде взвешенных частиц, адсорбируясь на коллоидных частицах. Медь имеет тенденцию накапливаться на сорбционном геохимическом барьере, который образуется глинистыми и иловатыми частицами в речных руслах. Таким образом, содержание меди в донных осадках часто связано с концентрацией глинистых и иловатых частиц в водной среде.

Техногенные источники могут оказывать значительное влияние на содержание меди в донных осадках. Например, при интенсивных механических нарушениях почв, тонкодисперсные коллоидные частицы могут поступать в речные русла, перенося с собой медь и другие загрязняющие вещества. Это может привести к увеличению концентрации меди в донных отложениях.

Повышенные концентрации меди в водной среде и донных отложениях могут оказывать токсическое воздействие на гидробиоту и другие организмы. Медь может накапливаться в тканях живых организмов, вызывая неблагоприятные физиологические изменения. Поэтому контроль за содержанием меди и других тяжелых металлов в окружающей среде является важной задачей для охраны водных экосистем и обеспечения их устойчивости.

Соединения хрома (Cr) могут попадать в поверхностные воды из различных источников. Одним из основных источников является выщелачивание хрома из пород, таких как хромит и уваровит. При естественных процессах разложения организмов и растений, а также из почвы, также может поступать небольшое количество хрома в водоемы.

Однако значительные количества соединений хрома могут поступать в водоемы в результате выбросов и сточных вод от предприятий химической промышленности. Эти сточные воды могут содержать повышенные концентрации хрома, которые могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

В поверхностных водах соединения хрома могут образовывать коллоидные взвеси или сорбироваться на глинистых частицах. Это связано с их химическими свойствами и взаимодействием с компонентами водной среды. Коллоидные взвеси хрома могут быть мобильными и перемещаться с потоком воды, а также могут служить источником вторичного загрязнения других водных объектов.

Концентрация ионов хрома в поверхностных водах может изменяться под влиянием различных процессов, таких как потребление хрома водными организмами и процессы адсорбции на глинах и других частицах. Важно отметить, что концентрация хрома в водных системах должна контролироваться, так как повышенные концентрации могут быть токсичными для живых организмов и наносить вред экосистеме в целом.

Ртуть в окружающей среде может находиться в различных химических формах: в загрязненных природных водах она часто встречается в виде сложных органических соединений, а промышленные отходы, попадающие в природу, содержат ртуть в неактивной форме, например, в виде цианидов, сульфидов и других соединений.

Никель в поверхностных водах присутствует в различных формах - растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, причем их соотношение зависит от состава воды, температуры и pH-значения. Растворенные формы никеля включают главным образом комплексные ионы. Он часто образует комплексы с аминокислотами, гуминовыми и фульвокислотами. В воду никель может попадать из почв и также может быть высвобожден в результате разложения растительных и животных организмов, находящихся в водоемах. Человеческая деятельность, включая сточные воды ряда производств, в том числе нефтедобывающих, является источником антропогенного никеля в водных объектах.

Марганец попадает в поверхностные воды из-за процессов выщелачивания марганцевых руд и минералов, содержащих данный элемент. Кроме того, значительные количества марганца могут поступать в воду в

результате разложения водных организмов, включая животных и растения. Основной способ перемещения соединений марганца в поверхностных водах - через взвеси, которые формируются в основном в зависимости от состава дренируемых пород. Органические вещества и процессы комплексообразования марганца с неорганическими и органическими веществами, такими как органические кислоты и гумусовые вещества, также играют важную роль в миграции марганца в растворенной и коллоидной формах.

Подведём итоги. Постановление ЯНАО стало основой для мониторинга донных отложений в других регионах, исключением стал ХМАО-Югра (из-за наличия собственного постановления). Также незначительно отличаются Новосибирская, Томская области и НАО, но в них исследование имеет общий вид из-за единства компании.

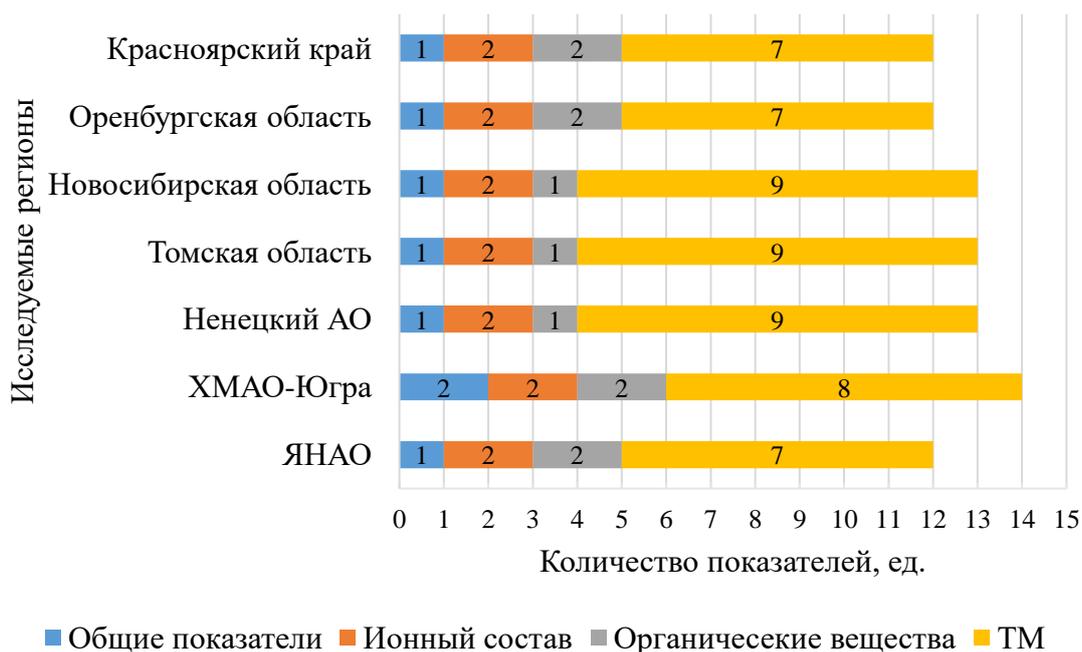


Рис. 8. Группы исследуемых показателей донных отложений

#### 4.5. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Анализ состояния почвенного покрова аналогично закреплён в качестве обязательного постановлениями ЯНАО и ХМАО. По сравнению с

предыдущими объектами исследования, почва является менее динамичной средой. Однако почвенный покров оказывает непосредственное влияние на растительный и животный мир.

Исследования проводились на всех 12 участках. Анализируемые показатели можно разделить на следующие группы: общие показатели, ионный состав, органические вещества, тяжелые металлы, радионуклиды и показатели, связанные с плодородием почв.

Таблица 2

Встречаемость исследуемых показателей для почвенного покрова

Встречаемость	Показатели
Часто (10-12)	pH <sup>*</sup> , нефтепродукты <sup>*</sup> , Cl <sup>-</sup> <sup>*</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> <sup>*</sup> , Pb (вал) <sup>*</sup> , Zn (вал) <sup>*</sup> , Mn (вал) <sup>*</sup> , Ni (вал) <sup>*</sup> , Cd (вал) <sup>*</sup> , Cu (вал) <sup>*</sup> , Fe общ. (вал) <sup>*</sup> , Hg (вал) <sup>*</sup> , Cr (вал) <sup>*</sup>
Средне (5-6)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <sup>*</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> <sup>*</sup> , Fe (подв) <sup>“</sup> , Pb (подв) <sup>“</sup> , Zn (подв) <sup>“</sup> , Mn (подв) <sup>“</sup> , Ni (подв) <sup>“</sup> , Cu (подв) <sup>“</sup> , Cr (подв) <sup>“</sup> , бенз/а/пирен <sup>*</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> <sup>“</sup> , Ba (вал) <sup>*</sup> , Cd (подв), фенолы <sup>*</sup> , АПАВ <sup>*</sup>
Редко (1-3)	Органика <sup>“</sup> , Ca обмен., K, P, гумус, Mg обмен, общий азот, Co, радий-226, торий-232, калий-40, цезий-137, токсичность <sup>“</sup>
<sup>*</sup> – показатели являющиеся обязательным для изучения в ЯНАО; <sup>“</sup> – показатели являющиеся обязательным для изучения в ХМАО Примечание: в ХМАО определяется рН солевой вытяжки, в ЯНАО рН водной вытяжки.	

Первая группа представлена общими показателями, а именно водородным показателем и токсичностью.

Водородный показатель (рН). Концентрация ионов водорода определяет реакцию почвы и служит показателем кислотности или щелочности почвы. Величина рН может быть, как результатом почвообразовательного процесса (определяться климатическими условиями, типом почвообразующей породы, растительности, поступлением в почву органических и минеральных кислот при разложении органического вещества опада), так и результатом различных типов загрязнения, в первую очередь, буровыми растворами.

В ЯНАО определяется рН водной вытяжки, что позволяет оценить актуальную кислотность, однако при солевом загрязнении ионы H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> вытесняются из поглощенного состояния и подкисляют почвенный раствор.

Соответственно для прогнозирования последствий загрязнения на территории месторождения желателно определять потенциальную кислотность. Для этого необходимо определить рН солевой вытяжки, что закреплено в ХМАО.

Также стоит отметить, что в установленных нормативах ПДК (ОДК) величина допустимой концентрации зависит от гранулометрического состава и рН именно солевой вытяжки.

*Токсичность.* Аммонийный азот может попадать в почву как из удобрений, так и из органического вещества. Важно, чтобы почва находилась в зоне корневой системы растений. Многие бактерии, которые присутствуют в почве, могут быстро превращать аммонийный азот в нитратный азот ( $\text{NH}_3$ ), при условии наличия подходящих почвенных условий и оптимальной температуры. Большая часть азота, поглощаемого растениями, представляет собой нитратный азот. Нитратный азот очень подвижен в почве и легко доступен для растений. Однако, любой нитратный азот, который не используется растениями, может быть подвержен утечке или потере через процесс денитрификации. В результате таких процессов могут выделяться газы, включая оксид азота.

В нормальных условиях, когда почва имеет достаточное содержание кислорода, минеральные удобрения, содержащие аммиак, расщепляются до нитратов - менее токсичной формы азота для растений. Однако этот процесс, называемый нитрификацией, может быть подавлен, если в почве низкий уровень кислорода, например, из-за плотности почвы, плохого дренажа или наличия определенных микроорганизмов. В таких случаях летом, когда содержание кислорода в почве ограничено, может накапливаться токсичное количество аммиака, что может быть вредным для растений.

В третью группу относятся органические вещества.

Поверхностно-активные вещества анионоактивной группы (*АПAB*). Основным источником поступления поверхностно-активных веществ в почвы являются хозяйственно-бытовые стоки.

*Нефтепродукты*, которые обнаруживаются в почвах, могут иметь разные источники. Они могут быть естественного происхождения, возникать в результате естественных процессов образования нефти, а также могут попадать в почву в результате поверхностных загрязнений или перетоков между слоями грунта. Загрязнение почвы нефтепродуктами представляет опасность из-за их высокой токсичности и способности мигрировать в почвенных горизонтах.

При разложении органической массы торфа может образовываться значительное количество углеводородов, которые могут быть идентифицированы как нефтепродукты с использованием стандартных методик. Концентрация углеводородов в почве может достигать нескольких миллиграммов на кубический дециметр.

*Фенолы* могут образовываться в естественных условиях в результате биохимического разложения и трансформации органических веществ. Они также могут поступать в окружающую среду из антропогенных источников, таких как объекты переработки и транспорта углеводородного сырья, а также хозяйственно-бытовые стоки.

*Бенз(а)пирен* является наиболее распространенным представителем полициклических углеводородов. Он относится к первому классу опасности и образуется преимущественно при сгорании углеводородного топлива, такого как нефть, уголь, древесные материалы и т.д.

В окружающей среде бенз(а)пирен имеет способность накапливаться преимущественно в почве. Это связано с его физико-химическими свойствами, которые обуславливают его слабую подвижность и склонность к адсорбции на почвенных частицах. Бенз(а)пирен может постепенно накапливаться в почве в результате длительного воздействия загрязнений, таких как выбросы из промышленных и автотранспортных источников.

Накопление бенз(а)пирена в почве представляет опасность для окружающей среды и здоровья людей. В высоких концентрациях он может быть токсичным и канцерогенным, то есть способствовать развитию раковых

заболеваний. Поэтому контроль загрязнения почвы бенз(а)пиреном является важным аспектом экологической охраны и требует принятия соответствующих мер по предотвращению выбросов и очистке загрязненных участков почвы.

**Тяжелые металлы** в экосистемах основным образом накапливаются из-за содержания в почвообразующей породе. Однако также вклад в их накопление вносит деятельность человека. Загрязнение почв, особенно в окрестностях промышленных центров, происходит преимущественно из-за выбросов вредных веществ от промышленных предприятий и транспорта. Cd, Pb, Zn, Hg и Cu являются широко используемыми и активными загрязнителями окружающей среды [31, 73, 74].

Основными источниками загрязнения являются энергетическая и металлургическая отрасли, а также добыча углеводородного сырья и переработка рудосодержащих пород. Сжигание угля, горючих сланцев и нефти вносит более интенсивное загрязнение, чем металлургическое производство.

Содержание общих (валовых) форм тяжелых металлов коррелирует с химическим составом почвообразующих пород, а содержание подвижных форм связано с уровнем антропогенного воздействия на экосистемы. Рельеф, содержание гумуса в почвах и степень эрозионной активности также влияют на распределение подвижных и общих форм тяжелых металлов.

Валовое количество тяжелого металла характеризует общую загрязненность почвы, но не отражает степени доступности элементов для растения. Таким образом, практического значения для экологии или земледелия эта форма не имеет.

Стоит отметить, что в ЯНАО определяется содержание валовых форм тяжелых металлов, в ХМАО определяются как валовые, так и подвижные формы.

Накопление избыточного количества отрицательно влияет на большинство почвенных процессов: вызывает изменение физических и

физико-химических свойств почв, снижает биологическую активность. Избыток цинка подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, вследствие чего нарушаются процессы преобразования органического вещества в почвах, ферментативного разложения целлюлозы, дыхание, действие уреазы и т.д. [53, 68].

*Никель (Ni)* играет важную роль в растениях, участвуя в процессе мобилизации азота при прорастании семян и являясь компонентом ферментов уреазы и гидрогеназы [10].

Обычно содержание никеля в почве составляет до 20-50 миллиграмм на килограмм (при допустимой норме 56 миллиграмм на килограмм), в почвенном растворе – 5-10 миллиграмм на килограмм, а содержание в нормальных растениях не превышает 1 миллиграмм на килограмм сухой массы.

Однако никель может быть токсичным для растений при высоких концентрациях. Концентрация никеля в диапазоне от 30 до 100 миллиграмм на килограмм, растворенного в ацетате алюминия (при pH 4,5), является токсичной для растений. Концентрация 100 миллиграмм на килограмм (определенная в 0,1-нормальном растворе HCl) также является токсичной. Фитотоксичность никеля в восемь раз выше, чем у цинка [18, 23].

Следует отметить, что растения имеют различную чувствительность к никелю, и его токсичность может варьировать в зависимости от видов и условий выращивания.

*Ртуть (Hg)* является сильным токсином и представляет значительную опасность в форме метилртути, сильно токсичного соединения. В природных условиях, особенно в анаэробных средах с наличием органических веществ, метилртуть может образовываться из неорганической ртути. Этот процесс происходит на дне водоемов, куда сбрасываются промышленные отходы.

*Хром (Cr)* может вызывать загрязнение почвы, но он проявляет токсичность только в окисленной форме (6-валентный катион), которая образуется только при определенном pH и окислительном потенциале.

Однако, окисленная форма хрома не долго сохраняется в почвах. Обычно содержание хрома в почвах составляет 2-50 мг/кг (при допустимой норме 160 мг/кг). Корневая система растений основным образом поглощает хром из почвы, в то время как другие органы поглощают его в меньшей степени [22, 23].

В следующую сходную группу выделяются *радионуклиды*. А

Экологические последствия радиоактивного загрязнения почв заключаются в накоплении радионуклидов в организмах и возможности концентрации их в пищевых цепях. Некоторые радионуклиды, такие как  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , представляют особую опасность из-за их длительного периода полураспада и способности попадать в биологический круговорот. Искусственные радионуклиды обычно сорбируются в верхнем слое почвы и мигрируют в незначительной степени.

Особенность радиоактивного загрязнения почв заключается в том, что оно не вызывает изменений основных свойств почвы, таких как рН и плодородие. Однако необходимо контролировать концентрации радиоактивных веществ в продукции растениеводства, чтобы минимизировать потенциальные риски для здоровья человека.

Последней группой, являются *показатели, определяющие плодородие почвы*. Такое исследование может проводится с целью оценки потенциала восстановления нарушенных земель. Однако на практике мероприятия по восстановлению плодородия проводятся только в рамках рекультивации при полностью или частично нарушенном почвенном покрове.

*Азотистые минеральные соединения* образуются из органических веществ и играют важную роль в питании растений. Органические вещества почвы являются основным источником питания для растений. Недостаток азота в почве может привести к желтизне и замедлению роста растений.

Азот также играет важную роль в образовании гумусовых веществ, которые влияют на плодородие почвы. Азот может быть потерян из почвы

через миграцию, газообразные выделения или фиксацию в минералах и микроорганизмах.

Содержание азота в почве зависит от количества органического вещества, особенно гумуса. Большое количество гумуса обычно связано с большим содержанием азота в почве. Климатические условия, такие как температура и доступность воды, также оказывают влияние на содержание азота, поскольку они влияют на активность микроорганизмов, отвечающих за преобразование азота.

Таким образом, содержание азота в почве зависит от взаимодействия органических веществ, климата и микроорганизмов, и оказывает влияние на плодородие почвы и рост растений.

Фосфор является дефицитным элементом, поскольку запасы фосфатного сырья для производства удобрений ограничены. Общие запасы фосфора в почвах невысоки, и большая часть его находится в форме, трудноусвояемой для растений. Запасы фосфора в почве не возобновляются естественным образом, в отличие от азота.

Фосфор в почве присутствует в органических и минеральных соединениях, причем большая часть запасов фосфора связана с органическим веществом почвы. Органическое вещество является резервом подвижного фосфора.

*Органические* почвенные вещества состоят из двух групп - гумусовых веществ и негумифицированных органических веществ. Гумусовые вещества составляют преобладающую часть органического вещества почвы, состоят из консервированных органических соединений, таких как фульвокислоты, гуминовые кислоты и гумин. Они содержат примерно 50-60% углерода, 30-45% кислорода и 2,5-5% азота, а также некоторое количество серы, фосфора и других элементов. Гуминовые и фульвокислоты, а также углекислота, образующаяся при разложении органических веществ, способствуют растворению минеральных соединений фосфора, калия, кальция и магния в почве, делая их доступными для растений.

Негумифицированные органические вещества, хотя и представляют меньшую часть органического вещества почвы, имеют большое значение. Они включают в себя растительные и животные остатки различной степени разложения, промежуточные продукты разложения, такие как жиры, белки, смолы, клетчатка, органические кислоты и другие соединения. Негумифицированные органические вещества составляют около 10-20% от общего количества органики в почве. Они являются непосредственным источником питательных элементов для растений и животных, а также влияют на трансформацию питательных элементов в почве и удобрениях, делая их доступными или недоступными для растений.

Органическое вещество является основой плодородия почвы, оно влияет на структуру почвы, служит резервом питательных веществ для растений и источником энергии для полезных микроорганизмов. Оно содержит примерно 98% азота, 30-40% фосфора и до 90% серы, от общего содержания этих элементов в почве.

*Кальций и магний*, как антагонисты натрия и калия, играют роль в регуляции водного баланса в цитоплазме растений, снижая ее обезводненность [63]. Однако ионы магния и кальция имеют существенные различия друг от друга. Ион магния имеет большую склонность к образованию ковалентных связей с электроотрицательными атомами (N, O) в биологических макромолекулах, таких как белки и нуклеиновые кислоты. Это обуславливает важные ферментативные функции магния по сравнению с кальцием.

Ионы кальция входят в состав мембранных структур и пектиновых веществ, которые являются основой межклеточного матрикса. Кальций также присутствует в виде карбоната кальция, который содержится в клеточных оболочках некоторых растений [63].

Магний является составной частью хлорофилла. При недостатке магния в почве рост и развитие растений замедляются, так как хлорофилл, основной пигмент, ответственный за фотосинтез и поглощение солнечной энергии,

становится недоступным. Молекулы хлорофилла поглощают фотоны красной области видимого спектра и передают энергию возбуждения для реакций, которые приводят к образованию органических веществ и выделению кислорода.

Оптимальное содержание кальция и магния в почве составляет примерно 1200 мг/кг для иона  $\text{Ca}^{2+}$  и 190 мг/кг для иона  $\text{Mg}^{2+}$ . Поэтому кальций относится к макроэлементам первого порядка, а магний - к микроэлементам третьего порядка [49].

Подведём итоги, закономерности между региональными особенностями территории и исследуемыми показателями не выявлено (рисунок 9). Так показатели в Новосибирской области, Томской области и Ненецком автономном округе практически идентичны друг другу, однако лицензионные участки находятся в различных природных зонах, в то время как НАО по природным условиям больше схож с ЯНАО. Стоит отметить, что работы на данных участках ведёт одна компания.

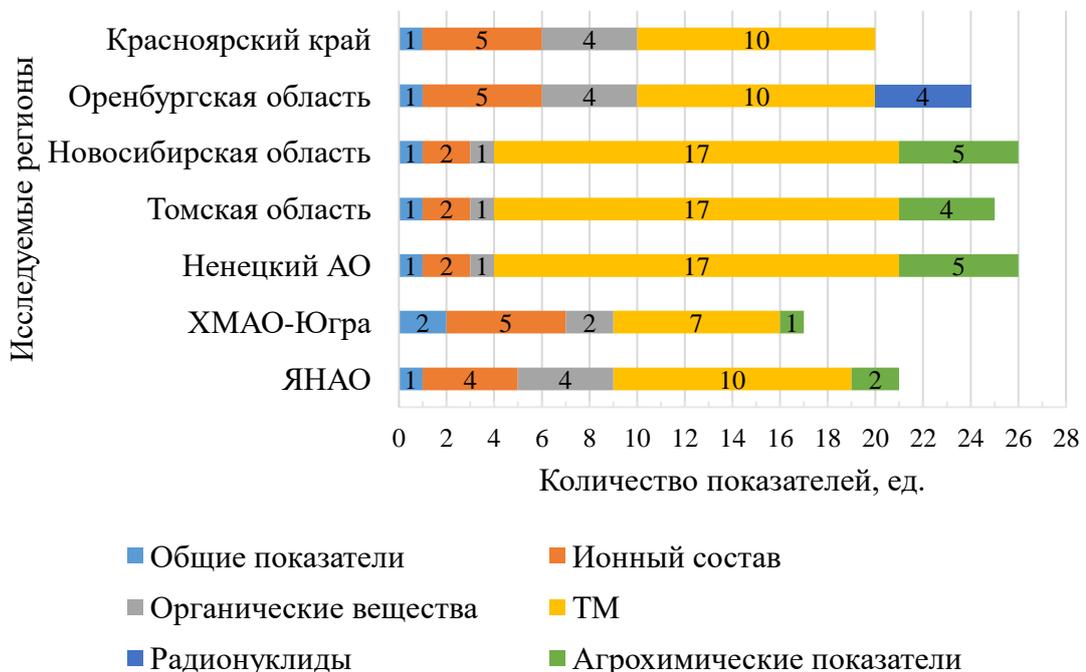


Рис. 9. Группы исследуемых показателей почвенного покрова

Подобная картина встречается и в Красноярском крае и Оренбургской области. На этих участках также одна и та же компания проводит работы.

Только участок в Красноярском крае относится к зоне тундр, а в Оренбургской области к степной зоне. Таким образом проведение ЛЭМ от одного заказчика имеет схожий вид в различных регионах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постановления ЯНАО и ХМАО выступают основой для проведения ЛЭМ в других регионах, для некоторых сред частично, а где-то практически в полной мере. Указанные постановления решают часть проблем, характерных для экологического мониторинга нефте- и газодобывающих месторождений.

Закономерности между региональными особенностями территории и исследуемыми показателями не выявлено. Более того, перечень исследуемых показателей в большей степени определяется тем, кто является недропользователем. Таким образом проведение ЛЭМ от одного заказчика имеет схожий вид в различных регионах.

Выявленные вариации в исследуемых показателях, а именно их выбор, затруднительно объяснить. Возможно, недропользователь отталкивается от документов или писем, направленных природоохранными органами, на которые заказчик не ссылается. Но вероятнее всего, из-за сходства показателей от одного недропользователя в различных субъектах, это объясняется устоявшейся системой.

Нередко выбор показателей сомнителен, так как вызывает дополнительные затруднения в исследовании. Так, например, некоторые органолептические показатели имеют срок хранения и транспортировки – 6 часов. Но для целей оценки состояния окружающей среды такие показатели как запах или мутность имеют низкую ценность.

Из положительного опыта можно привести анализ элементного состава растительности. Он относительно прост в исследовании, но может показать непосредственное воздействие на растительных покров, причём на ранних стадиях, когда растения ещё не находятся в угнетённом состоянии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. М., 1992. 200 с.
2. Алексеенко В.А. Цинк и кадмий в окружающей среде. М: Наука, 1992. 197 с.
3. Андриевская Л.П. Накопление тяжелых металлов в агроландшафтах Нижнего Поволжья // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства. Волгоград: ВГСХА, 2004. С. 107-109.
4. Бабушкин А.Г., Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / А.Г. Бабушкин, Д.В. Москвиченко, С.В. Пикунов. –Новосибирск: Наука, 2007. – 152 с.
5. Бахнов В.К. Содержание микроэлементов меди и марганца в торфяных почвах Барабинской низменности // Микроэлементы в почвах, растительности и водах южной части Западной Сибири. Новосибирск, 1971. С. 17-27.
6. Вагнер Б.Б. Об особенностях гипергенной миграции рудных элементов в криолитозоне / Б.Б. Вагнер // Изв. вузов. Сер. “Геология и разведка”. – 1984. – № 7. – С. 85–89.
7. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Издательство АН СССР, 1957. 238 с.
8. Гатауллина А.Д. Локальный экологический мониторинг на месторождениях углеводородного сырья тюменской области: проблемы проведения и пути их решения / А.Д. Гатауллина, О.А. Притужалова, Р.М. Ильясов. – Тюмень : 1, 2019. – 30-35 с.
9. Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Азиатская часть / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. – М., 1978.
10. Головки Т., Гармаш Е., Скугорева С. Тяжелые металлы в окружающей среде и растительных организмах // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. С.2-7.

11. Государственный доклад "О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году" // Федеральное агентство по недропользованию : сайт. – URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/article/13930.html> (дата обращения: 14.10.2022)
12. Губин А.Н. Кадмий в системе: торфяная низинная почва – растение // Плодородие. 2007. №2. С.35-36.
13. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: 1979. 200 с.
14. Гусева Т. В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005. 176 с.
15. Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика. - М.: Эколайн. - 1999. - С.156.
16. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М.: ИЦ “Академия”, 2003. – 400 с.
17. Дорожкува С.Л. Эколого-геохимические особенности нефтегазодобывающих районов Тюменской области. Автореф.дисс.к.г.-м.н.-Москва.2004.-25с.
18. Евдокимова Г.А. Действие меди и никеля на биологические процессы в подзолистой почве // Тез. докл. 8 Всес. съезда почвовед. Кн. 2. Новосибирск, 1989. С. 284.
19. Зборищук Ю. Н. Среднее содержание В, Мп, Со, Си, Zn,Мо и J в почвах европейской части СССР // Агрохимия. 1974. № 3. С. 88-94.
20. Зырин Н. Г. Распределение и варьирование содержания микроэлементов в почвах Русской равнины // Почвоведение. 1968. № 7. С. 77-87.
21. Ильин В.Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов в почвах // Агрохимия. 1985. №11. С. 94-101.
22. Ильин В.Б. Оценка существующих нормативов содержания тяжелых металлов в почве // Агрохимия. 2000. № 9. С. 74-79.
23. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.

24. Каббата-Пендис А. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
25. Казанцева М.Н. Техногенное засоление земель Тюменской области и его последствия для растительного покрова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8-4. С. 150-150;
26. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах СССР. М., 1970. 179 с.
27. Коломийцева М.Г. Содержание и соотношение некоторых микроэлементов (йода, фтора, меди и кобальта) во внешней среде и тканях человека в районах зубной эндемии (по материалам Алтайского края): автореф. дисс. ... докт. биолог. наук. М., 1961. 21 с.
28. Кудеяров В.Н. Экологические проблемы применения удобрений. М.: Наука, 1984. 37с.
29. Кузнецов И.П. Тяжелые металлы в почвах Рязанской области // Химия в сельском хозяйстве 1995. №5. С. 22-25.
30. Лисс О.Л. Болота Западно-Сибирской равнины / О.Л. Лисс, Н.А. Березина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 204 с.
31. Лукашев К.И. Химические элементы в почвах. Минск: Наука и техника, 1970. 233 с.
32. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. М42 Тяжелые металлы в экосистемах / Саратов: «Ракурс», 2017. – 178 с.
33. Михайлов Н.И. Природа Сибири / Н.И. Михайлов. – М.: Мысль, 1976. – 156 с.
34. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменений окружающей среды. М.: Наука, 2010. 268 с.
35. Московченко Д.В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области / Д.В. Московченко. – Новосибирск: Наука. Сиб. пред. приятие РАН, 1998. – 112 с.

36. Московченко, Д.В. Экогеохимия нефтегазодобывающих районов Западной Сибири / Д.В. Московченко ; отв. ред. С.П. Арефьев ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т проблем освоения Севера. – Новосибирск : Академическое изд-во “Гео”, 2013. – 259 с.

37. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 286 с.

38. Напартэ В.А. О перспективах использования явлений криогенеза для геохимических поисков / В.А. Напартэ // Повышение эффективности геохимических потоков на территории притрассовой полосы БАМ: Тез. VI сессии СГПМ. – Улан-Удэ, 1977. – С. 8–10.

39. Нейштадт М.И. Мировой природный феномен – заболоченность Западно-Сибирской равнины / М.И. Нейштадт // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1971. – № 1. – С. 21–43.

40. Нечаева Е.Г. Гидрохимическая обстановка в таежном Обь-Иртыше / Е.Г. Нечаева // География и природ. ресурсы. – 1994. – № 1. – С. 110–117.

41. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимическое районирование Западно-Сибирской равнины / Е.Г. Нечаева // География и природ. ресурсы. – 1990. – № 4. – С. 77–83.

42. Об утверждении регионального норматива «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории ХМАО-Югры»: постановление Правительства ХМАО-Югры от 10.12.2004 № 466-п // Собрание законодательства Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, 31.12.2004, № 12, часть II, ст. 1892.

43. Об утверждении регионального норматива «Предельно допустимый уровень содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов на территории ХМАО-Югры»: постановление Правительства ХМАО-Югры от 10.11.2004 № 441-п //

Собрание законодательства Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, 30.11.2004, № 11, ст. 1710.

44. Орлов Д.С. Образование гуматов кобальта, никеля, меди и цинка // Научные доклады высш.шк. Биол. науки. 1960. № 3. С. 62-66.

45. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: Астрея-2000, 1999. – 763 с.

46. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1975. – 342 с.

47. Перельман А.И. Параметры самоорганизации природных геохимических ландшафтов / А.И. Перельман, Е.Н. Борисенко, А.Е. Воробьев и др. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1996. – № 5. – С. 7–10.

48. Питулько В.М. Вторичные ореолы рассеяния в криолитозоне / В.М. Питулько. – Л.: Недра, 1977. – 197 с.

49. Полянская И.С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии // Молочнохозяйственный вестник. 2014. – № 1 (13). – С. 34-42.

50. Правила охраны поверхностных вод: Типовые положения. – М. : Госкомприроды СССР, 1991. – 42 с.

51. Природные режимы средней тайги Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977. – 303 с.

52. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. Воронеж, 2003. 368 с.

53. Пятакова Л.П. Влияние тяжелых металлов на биологическую активность светло-серых лесных почв Центральной части Нечерноземной зоны: дис. ... к. с.-х. наук. Н.Новгород, 2008. 138 с.

54. Родин Л.Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности / Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич. – М.; Л.: Наука, 1965. – 253 с.

55. Рэуце К. Борьба с загрязнением почвы / Под ред. В.К. Штефана. М., 1986. 221 с.
56. Самофалова И.А. Агроэкологическая оценка техногенно-засоленных почв на территории Аптугайского нефтяного месторождения // Антропогенная трансформация природной среды. 2019. №5. С. 51-55.
57. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
58. Селезнева Е.М. Влияние кадмия на некоторые морфофизиологические и биохимические показатели ячменя // Агрехимия. 2008. № 4. С. 82-86.
59. Сепов М. Особенности накопления тяжелых металлов в организме человека // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. 2004. № 3. С. 43-48.
60. Соромотин А.В., Пислегин Д.В. Тяжелые металлы в донных отложениях шламовых амбаров геологоразведочных скважин Западной Сибири // Геоэкология. 2015. № 6. С. 514–520.
61. Таргульян В.О. Почвенно-геохимическое районирование холодно-влажных областей севера Евразии. Растительность лесотундры и пути ее освоения / В.О. Таргульян. – Л.: Наука, 1967. – С. 13–19.
62. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях / В.А. Таргульян. – М.: Наука, 1971. – 268 с.
63. Тупикин Е.И. Химия в сельском хозяйстве. М.: Юрайт. – 2018. – 184 с.
64. Уварова Д.Г. Кальций и магний в растениеводстве / Д.Г. Уварова, И.С. Полянская // Перспективы развития науки в современном мире : материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Прага, Чехия, 20 марта 2020 года / Издательство: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич) – Нефтекамск, 2020. С. 38-41.
65. Физико-географический атлас мира. – М.: ГУГК, 1964.

66. Фоминых Д.Е. Техногенное засоление почв как геоэкологический фактор при разработке нефтяных месторождений Среднего Приобья: Автореф. Дис. Канд. Геолого-минер. Наук. Томск, 2013. 18 с.
67. Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справочник. М., 1991. 303 с.
68. Черных Н.А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. Пущино, 2001. 148с.
69. Шаркова С.Ю. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору. // Плодородие. 2007. №4. С.40.
70. Шварцев С.Л., Серебренникова О. В., Здвижков М.А., Савичев О.Г, Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна реки Томи (Юг Томской области) // Геохимия. 2012. № 4. С. 403-417.
71. Якушевская И.В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М., 1973. 100 с.
72. Somashekaraiah B.V. Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus vulgaris*): Involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation // *Physiology Plantarum*. 1992. Vol. 85. № 1. P. 85-89.
73. Tuin B.J. W., Tels M. Removing heavy metals from contaminated clay soils by extraction with hydrochloric acid, edta or hypochlorite solutions // *Environmental Technology*. 1990. Vol. 11. №. 11. P. 1039–1052.
74. Van Ginneken L., Meers E., Guisson R. et al. Phytoremediation for heavy metal-contaminated soils combined with bioenergy production // *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2007. Vol. 15. №. 4. P. 227–236.