

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

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ  
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ  
ЗАИМСТВОВАНИЯ  
и.о.заведующей кафедрой

 К.Г.Н., доцент  
И.Д.Ахмедова  
2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

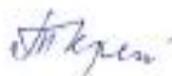
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР  
ТЕРРИТОРИИ ХОЛМОГОРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу  
Студент 2 курса  
очной формы обучения



Кошечкина  
Елизавета  
Эдуардовна

Научный руководитель  
д.х.н., доцент, заведующая  
кафедрой органической и  
экологической химии Института  
химии ТюмГУ



Кремлёва  
Татьяна  
Анатолевна

Рецензент  
к.т.н., доцент, кафедра  
органической и экологической  
химии Института химии ТюмГУ



Шигабаева  
Гулнара  
Нурчаллаевна

г. Тюмень, 2019

## АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена оценке качества поверхностных вод территории Холмогорского нефтяного месторождения и выявлению источников их загрязнения.

Целью этой работы являлась геоэкологическая оценка загрязнения поверхностных вод и донных отложений озер, в непосредственной близости от которых расположены объекты нефтедобычи. Для этого было проведено исследование поверхностных вод и донных отложений 6-ти озер территории месторождения и 2-ух контрольных озер за его пределами.

Объект исследования: озера территории Холмогорского нефтяного месторождения.

Предмет исследования: геоэкологическая оценка загрязнения поверхностных вод и донных отложений озер, в непосредственной близости от которых расположены объекты нефтедобычи.

Диссертация состоит из четырех глав, каждая из которой соответствует одной из поставленных задач:

1. Провести анализ изученности геоэкологического состояния озер северотаежной подзоны Западной Сибири;
2. Охарактеризовать природные условия района исследования;
3. Установить физико-химические и гидрохимические характеристики озерных вод донных отложений озер на территории месторождения и контрольных озер;
4. Оценить геоэкологическое состояние изученных озер на основе расчетов индексов загрязнения.

Результаты исследования можно свести к двум тезисам:

1. Индикатором техногенного загрязнения озерных вод при нефтедобыче являются повышенные концентрации хлоридов, ионов натрия и нефтепродуктов, в донных отложениях основным показателем являются нефтепродукты.
2. На территории месторождений основным загрязняющим веществом, снижающим качество озерных вод до категории «чрезвычайно грязные» являются нефтепродукты.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1 ИЗУЧЕННОСТЬ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ .....	7
ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ХОЛМОГОРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....	10
2.1 Общие сведения о Холмогорском месторождении нефти .....	10
2.2 Характеристика ландшафта и рельефа района исследования .....	11
2.3 Характеристика почвенного покрова района исследования .....	12
2.4 Климатические особенности района исследования .....	12
2.4 Гидрологическая характеристика района исследования .....	14
Выводы .....	15
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	16
ГЛАВА 4 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ХОЛМОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ .....	23
4.1 Физико-химические и гидрохимические характеристики обследованных озер .....	23
4.2 Геохимическая характеристика донных отложений обследованных озер .....	26
4.3 Тяжелые металлы в водах обследованных озер .....	30
4.4 Геоэкологическая оценка состояния озер, находящихся в зоне влияния производств по добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья .....	34
Выводы .....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты гидрохимического лабораторного анализа .....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Результаты полевых исследований.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ В Результаты элементного состава проб воды и донных отложений .....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Корреляционные матрицы сходства содержания валовых форм основных ТМ.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Дендрограмма кластерного анализа.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Фотографии исследуемых озер.....	58

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение закономерностей распределения химических элементов в поверхностных водах суши и причин повышения их концентраций на региональном и глобальном уровне - одна из актуальных проблем современной геоэкологии. В настоящее время формирование химического состава природных поверхностных вод определяется не только совокупностью естественных физических, химических и биологических процессов, происходящих на водосборе и в самом водоеме, существенное значение в формировании химического состава вод приобретают антропогенные факторы, по значимости стоящие в одном ряду с природными геохимическими и биологическими процессами.[29]

**Актуальность** исследования обусловлена тем, что для западносибирского региона наиболее важны исследования водных экосистем районов нефтегазодобычи, в связи с тем, что их поверхностные воды подвержены многостороннему воздействию, имеют слабую устойчивость к антропогенному воздействию и ограниченную способность к самоочищению.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО), является основным нефтедобывающим регионом России, где добывается половины всей нефти страны. Являясь основным нефтегазодобывающим регионом страны с полувековой историей освоения, ХМАО испытывает на себе весь комплекс экологических проблем и их последствий. Добыча углеводородного сырья оказывает влияние на все компоненты гидросферы таежных экосистем – поверхностные, грунтовые и подземные воды. При этом выделяются две основные формы воздействия — механическая, как физическая трансформация ландшафтов, определяющих расходную часть водного баланса и биохимическая, проявляющаяся как химическое и биологическое загрязнение. Оценка качества поверхностных вод, выявление источников загрязнения, его масштабов и динамики являются основой для принятия важнейших управленческих решений в области рационального природопользования.[31,32]

**Объектом исследования** являются озера территории Холмогорского нефтяного месторождения.

**Предметом исследования** являются геоэкологическая оценка загрязнения поверхностных вод и донных отложений озер, в непосредственной близости от которых расположены объекты нефтедобычи.

**Целью исследования** является проведение геоэкологической оценки современного состояния озер, находящихся на территории действующего месторождения по добыче нефти на территории ХМАО.

Для достижения поставленной цели, были решены следующие **основные задачи**:

- провести анализ изученности геоэкологического состояния озер северотаежной подзоны Западной Сибири;
- охарактеризовать природные условия района исследования;
- установить физико-химические и гидрохимические характеристики озерных воды донных отложений озер на территории месторождения и контрольных озер;
- оценить геоэкологическое состояние изученных озер на основе расчетов индексов загрязнения.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Индикатором техногенного загрязнения озерных вод при нефтедобыче являются повышенные концентрации хлоридов, ионов натрия и нефтепродуктов, в донных отложениях основным показателем являются нефтепродукты.

2. На территории месторождений основным загрязняющим веществом, снижающим качество озерных вод до категории «чрезвычайно грязные» являются нефтепродукты.

**Научная новизна исследования** заключается в том, что впервые для озер верховий притоков реки Тромъеган проанализирован гидрохимический состав воды и донных отложений методом ICP-MS. Установлен характерный для региона порядок ранжирования тяжелых металлов. Корреляционный анализ показал очень высокое достоверное сходство химического состава всех исследованных озер по основным химическим элементам, что позволяет говорить о наличии закономерности распределения содержания тяжелых металлов в водах обследуемых озер, характерной для района исследований. Впервые получены данные по гидрохимическим свойствам озер верховий притоков реки Тромъеган непосредственно в полевых условиях.

**Практическая значимость исследования:** результаты исследований должны учитываться при корректировке системы экологического мониторинга территории Холмогорского месторождения с учетом данных по фоновым озерам.

**Личный вклад автора:** отбор проб природных вод, проведение измерений на озерах в полевых условиях, статистическая обработка полученных гидрохимических данных, анализ литературных источников, оценка качества вод.

**Теоретической основой** послужили работы:

- О.А. Алекина по классификации вод по их химическому составу;

– Т.И. Моисеенко, Т.А. Кремлевой, С.А.Гашкиной и др. в части теоретических основ нормирования и изучения формирования качества и гидрохимии поверхностных вод;

– В.М. Калинина, Д.В. Московченко, Л.В. Михайловой, А.В. Соромотиной и др. по оценке последствий нефтедобычи в Тюменской области на гидросферу.

**Методика исследования** включает в себя применение таких методов, как анализ, полевые исследования, статистическая обработка, корреляционный анализ, классификация, лабораторный анализ.

**Материалы исследования** включают в себя литературные источники, статьи, методики анализа, нормативные документы, данные полевых измерений, отбора проб в исследуемых объектах, данные лабораторного анализа гидрохимических показателей, выполненного в Лаборатории экологических исследований Института Химии Тюменского государственного университета, данные элементного анализа пробы выполненного в Аналитическом сертификационном испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН).

**Краткое содержание работы:** первая глава включает в себя обзор литературных источников, рассматривающих проблему выпускной квалификационной работы, а именно озера таежной зоны Западной Сибири, их гидрохимическую и геоэкологическую изученность. В главе приводятся основные авторы, изучающие проблему и их научные труды.

Во второй главе рассматриваются общие сведения о районе исследования, физико-географические особенности территории и выделяются основные природные факторы формирования исследуемых водных объектов.

В третьей главе рассматриваются материалы и методы исследования, которые использовались при написании работы.

Четвертая глава является основной практической частью работы. В ней дается физико-химическая и гидрохимическая характеристика проб воды и донных отложений исследуемых объектов по полученным показателям, а также геоэкологическая оценка обследуемых озер.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, 38 использованных источников и 6 приложений. Основной текст работы изложен на 46 страницах, содержит 15 таблиц, 16 рисунков.

# ГЛАВА 1 ИЗУЧЕННОСТЬ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В современных условиях все большее внимание привлекает проблема рационального использования, охраны и восстановления ресурсов озерного фонда. Озеро – водоем замедленного водообмена, часть гидрографической сети участвует в общем круговороте воды. Озеро, как геосистема, являющаяся составной частью ландшафта, вместе со своим водосбором является сложной системой, включающей ряд разнородных элементов – гидрологических, химических, биологических и седиментационных. [13]

Формирование химического состава вод определяется совокупностью физических, химических и биологических процессов, происходящих на водосборе и в самом водоеме, которые определяются климатическими, геологическими и другими параметрами. Антропогенный фактор в формировании химического состава вод в последние годы становится по значимости в один ряд с природными геохимическими и биологическими процессами. Человеческая деятельность привела к повышению в поверхностных водах суши содержания многих загрязняющих веществ. Преобразование водосборов, трансграничные потоки, атмосферные выпадения, промышленные и хозяйственно-бытовые прямые сбросы, неорганизованные стоки с сельских территорий приводят к изменению геохимических циклов элементов в системе «водосбор-водоем», появлению токсичных компонентов в водной среде, эвтрофированию, закислению, что в конечном итоге, ухудшает качество вод. [20]

В настоящее время редко можно встретить водные объекты, не подверженные прямым или косвенным антропогенным изменениям. Кроме этого, изменение качества атмосферных осадков приводит к изменению геохимии водосборной системы и природного потока элементов, что может приводить к преобразованиям качества водных ресурсов в пределах больших территорий. Малые озера являются наиболее информативными объектами для выявления региональных и глобальных изменений окружающей среды. Химический состав вод малых озер (при отсутствии локальных источников загрязнения) более четко отражает зональную и региональную специфику условий его формирования, а также те глобальные антропогенные процессы, которые происходят в последнее время в поверхностных водах суши. [20]

Природные водные объекты – это индивидуальные химические системы, характеризующиеся различным набором катионов и анионов как органической, так и

неорганической природы. Количество органики, рН среды, общая щелочность – важные факторы, влияющие на формы нахождения металлов в природных водах. Однако не меньшее значение имеют весь микроэлементный состав и концентрации ионов металлов, которые участвуют в процессах комплексообразования.[30]

В последние десятилетия происходит интенсивное освоение нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ) месторождений севера Западной Сибири, и естественные природно-территориальные комплексы (ПТК) подвергаются многостороннему воздействию, приводящему к изменению свойств всех компонентов природной среды.[26]

Наиболее существенным фактором техногенного загрязнения водных объектов при освоении нефтяных месторождений является химическое загрязнение. Наибольшую опасность представляет химическое загрязнение водных объектов на этапе добычи нефти. По мнению А.М.Никанорова, для нефтедобывающей промышленности основными загрязняющими веществами гидросферы являются нефтепродукты и минеральные макрокомпоненты (сульфаты, хлориды, магний и др.), которые в больших количествах содержатся в попутно извлекаемых высокоминерализованных пластовых водах. [31,33]

Согласно данным С.А. Мирошниченко [28], основными причинами загрязнения поверхностных и подземных вод в районе разработки нефтяных месторождений, как правило, является:

- нарушение герметичности в устьевой арматуре скважин;
- освоение скважин и их капитальный ремонт без учета требований регламента на проведение этих видов работ;
- несоблюдение правил хранения нефти и горюче-смазочных материалов в резервуарах;
- аварии, связанные с природными и техногенными причинами.[28]

Все, что сливается с кустовых площадок или выливается из трубопроводов при аварийных разрывах, попадает в озера. В результате этого большинство озер, оказавшихся на территории месторождений, особенно те, которые разбиты насыпями на отдельные непроточные участки, сильно загрязнены НП и механическими взвесями. [34]

Нефть представляет собой сложную смесь, состоящую из алифатических и нафтеновых углеводородов, ароматических соединений, асфальто–смолистых веществ, поведение которых в водной среде различно. Масштабы распространения и эволюция характера нефтяного загрязнения в водном объекте зависят от состава нефти, скорости течения воды, силы ветра, температуры, солнечной радиации и т. п. Нефть, попадая в воду, претерпевает физико–химические и биологические изменения: она расплывается по

водной поверхности, испаряется, растворяется, эмульгирует («нефть в воде» и «вода в нефти»), оседает на дно водоема и налипает на берега. [34]

При химико–аналитическом контроле нефтяного загрязнения природных сред используется понятие «нефтепродукты», под которым понимается смесь неполярных и малополярных углеводородов, растворимых в гексане и не сорбирующихся оксидом алюминия. Под это определение не попадают тяжелые смолы и асфальтены, являющиеся постоянными компонентами нефтей и битумов, а также ряд веществ, образующихся в результате микробиологических и физико–химических процессов из исходной нефти при ее длительном нахождении в почвах. [23]

К сожалению, стандартные методики анализа нефтяного загрязнения направлены на определение именно нефтепродуктов, что искажает реальные уровни загрязнения на старых нефтяных разливах. [34]

Важным элементом системы мониторинга водных объектов является оценка их состояния. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) – гидрохимический индекс, аддитивный коэффициент, являющийся одним из наиболее часто используемым (основное преимущество – быстрота и простота расчетов) для установления временной изменчивости качества воды – средняя доля превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов: ПДК в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК<sub>рбх</sub>). [25]

Также, важным в изучении химического анализа природных вод являются методы статистического анализа, которые широко используются в различных областях науки. Применение математических методов в геохимии имеет свою специфику. В геохимии используется фактический материал, представленный в общем случае набором численных параметров, количественно отражающих распространенность и распределение химических элементов в современной структуре геологических объектов (в водоемах, горных породах, земной коре, Земле в целом). Для решения широкого круга задач требуется использование математических и статистических методов, позволяющих обобщать и интерпретировать массивы фактических данных. В частности эта проблема возникает при анализе химического состава природных вод.[24]

## ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ХОЛМОГОРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### 2.1 Общие сведения о Холмогорском месторождении нефти

Холмогорское нефтяное месторождение расположено в 540 км к Юго-Востоку от г. Салехард и приурочено к серии локальных поднятий Надымской нефтегазоносной области северной части Сургутского нефтегазоносного района Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Административно основная часть территории месторождения входит в состав Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа и лишь небольшая его часть (северная) находится на территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. В непосредственной близости от Холмогорского месторождения находятся крупные, интенсивно разрабатываемые нефтяные (Карамовское, Федоровское, Когалымское, Пограничное) месторождения. Расположение Холмогорского нефтяного месторождения относительно близлежащего крупного населенного пункта представлено на рисунке 1.[15]

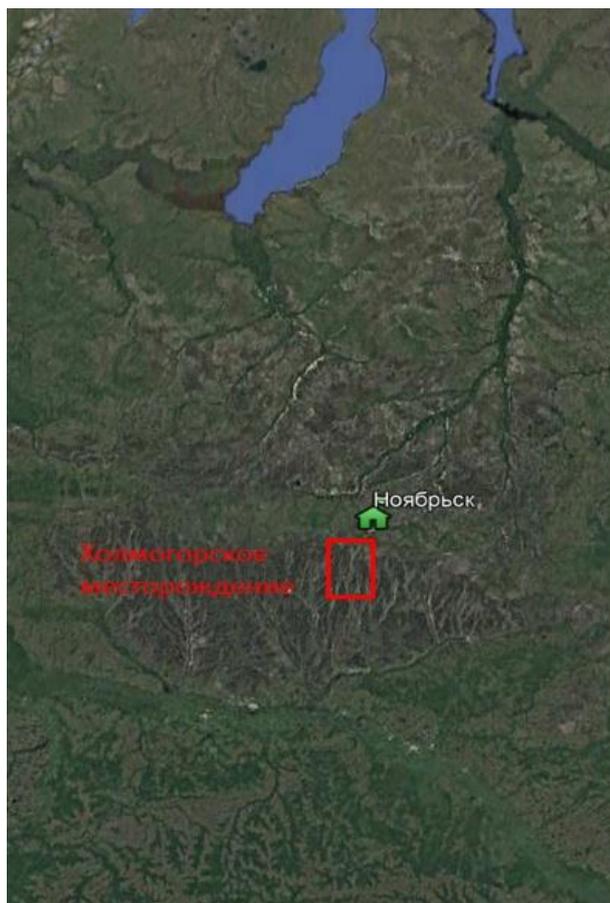


Рисунок 1 - Расположение Холмогорского месторождения (Масштаб 1:100000.  
Карта создана при помощи программы GoogleEarthPro автором Кошевой Е.Э.)

Согласно Н.А. Гвоздецкому район исследования относится к Западно-Сибирской стране, лесной равнинной широтно-зональной области, Сургутской провинции. Сургутская провинция занимает центральную часть Западно-Сибирской равнины к северу от широтного отрезка долины Оби между реками Лямин (на западе) и Аган (на востоке). [21]

## 2.2 Характеристика ландшафта и рельефа района исследования

В пределах провинции наблюдаются незначительные колебания высот и понижение в сторону Оби. Средняя высота поверхности 70—80 м. На десятки километров тянется плоская низина, на которой располагаются заболоченные массивы с обилием озер. Озера и мочажины разделены узкими грядами со сфагново-пушицево-кустарничковой растительностью и угнетенной сосной. В сильно обводненных мочажинах плавают ковер из сфагнового мха. На более приподнятых участках встречаются островки заболоченных сосняков с преобладанием в наземном покрове багульника, кассандры и сфагновых мхов. По склонам болотных систем кольцом располагаются грядово-мочажинные комплексы. Ширина гряд бывает до нескольких метров, поперечник мочажин может достигать нескольких десятков метров. На меньших по площади болотах участки склонов в профиле длиннее центрального плато. Озерковый комплекс отсутствует. Неотъемлемым элементом ландшафта заболоченных пространств являются многочисленные озера разной формы и величины. Характерную особенность их составляет небольшая глубина (до 1,5 – 2,0 м) при значительных размерах площади. Ландшафты дренированных территорий провинции занимают всего около 20%. Это пологоволнистые равнины с сосновыми бруснично-зеленомошными лесами на сильноподзолистых песчаных и супесчаных почвах. В древостое сосновых бруснично-зеленомошных лесов преобладает сосна, принимают участие береза, лиственница, кедр. Для ландшафтов грядово-мочажинных болот характерно чередование топких, мокрых низин, поверхностных озерков, невысоких бугров и гряд. [21]

Район исследования расположен на территории Западно-Сибирской низменности и представляет собой обширную равнину. Абсолютные высоты над уровнем моря редко достигают 200 м. Исключениями являются Северо-Сосьвинская возвышенность вблизи Уральских гор, гряды Сибирских увалов между бассейнами рек Обь и Надым, Пур и Таз. Моренные гряды представлены Аганским увалом и увалом Нумто. Так возвышенности представлены частичными отрогами и хребтами Северного и Полярного Урала. Протяженность горной системы на территории округа составляет 450 км, а ширина 30-40 км. Максимальной отметкой считается г. Народная на Приполярном Урале – 1895 м. [35]

### 2.3 Характеристика почвенного покрова района исследования

Сургутская низменность сложена мощными озерно-аллювиальными отложениями. Они представлены средне- и тонкозернистыми песками с отчетливо выраженной горизонтальной слоистостью, почти повсеместно перекрытыми толщей верхнечетвертичных озерно-болотных отложений, среди которых встречаются торфяники мощностью более 10 м. [21]

Почвы района исследования супесчаные, реже суглинистые подзолистые с разной степенью выраженности подзолистого процесса, с интенсивным накоплением оторфованной подстилки, незначительным гумусонакоплением, локально встречаются болотные и аллювиальные почвы. Почвы района исследования отличаются пониженной трофностью. [35]

Ведущими зональными факторами почвообразования на исследованной территории являются:

1. климат в составляющих – особенностях увлажнения и термического режима;
2. полого-волнистое строение поверхностей, сложенных слоистыми и песчаными, и суглинисто - глинистыми породами, часто не обеспечивающими дренаж поверхностных горизонтов.
3. опад таежной и болотной темнохвойной растительности в условиях избыточного увлажнения и застоя вод обеспечивает при ослабленной микробной деструкции остатков, формирование специфического воднорастворимого органического вещества. В условиях застоя вод происходит формирование торфа. [14]

### 2.4 Климатические особенности района исследования

Климат района исследования умеренный континентальный, характеризующийся быстрой сменой погодных условий, особенно осенью и весной, а также в течение суток. На формирование климата существенное влияние оказывает защищенность территории с запада Уральским хребтом, а также открытость с севера, способствующая беспрепятственному проникновению холодных арктических масс. Важную роль играет равнинный характер местности с большим количеством рек, болот и озер. [21]

Климат территории типичен для средней тайги. Средняя температура января— 22°...-24° (минимальные температуры до -55°). Продолжительность периода с отрицательной температурой воздуха может достигать 7 месяцев, с октября по апрель. Снежный покров лежит 205-210 дней – с октября до начала мая, наибольшей высоты (70-80 см) достигает в марте. Средняя температура июля —16,5°. Сумма

температур выше 10° равна 1200-1300°. Годовая продолжительность солнечного сияния составляет 1600-1900 часов. Безморозный период длится около 100 дней. Осадков выпадает 480-500 мм, из них за теплый период 380 мм. Максимум осадков приходится на теплое время года. Даже при сравнительно небольшом их количестве величины испарения весьма незначительны, в результате чего вся территория региона располагается в зоне избыточного увлажнения.(таблица 2.4.1) [14]

Таблица 2.4.1 - Климатическая характеристика в районе исследований по многолетним данным Сургутской метеостанции (источник: <http://www.ugrameteo.ru>) [37]

Месяцы	Температура воздуха, °С			Кол-во осадков, мм	Снежный покров, см	Относит. влажность воздуха, %	Ветры	
	средняя многолетняя	абсолютная					Направление	Скорость, м/с
		максимальная	минимальная					
Январь	-22	3	-52	22	41	86	ЮЗ	4,9
Февраль	-19,6	6	-55	17	49	84	ЮЗ	4,2
Март	-13,3	10	-46	21	64	85	ЮЗ	4,8
Апрель	-3,5	22	-37	24	23	86	СЗ	4,8
Май	4,1	32	-22	47	–	88	СЗ	5,5
Июнь	13,0	34	-7	59	–	91	СЗ	5,3
Июль	16,9	34	-1	72	–	87	СЗ	4,5
Август	14,0	30	-4	75	–	89	СВ	4,2
Сентябрь	7,8	27	-10	59	–	90	СЗ	4,9
Октябрь	-1,4	21	-30	50	2	90	ЮЗ	5,9
Ноябрь	-13,2	8	-47	35	17	88	ЮЗ	5,1
Декабрь	-20,3	2	-55	28	32	85	ЮЗ	4,7
Среднее за год	-3,1	34	-55	509	–	–	–	4,9

Летом преобладающее направление ветра северное, зимой южное. Средняя скорость ветра составляет 4-9 м/с. Для годового хода скорости ветра характерно уменьшение ее летом и в середине зимы (декабрь-февраль). Наиболее ветреный месяц – май, наименее – август. Среднее число дней с сильным ветром (15 м/с и более) составляет 5-10 дней. Основной причиной изменчивости числа дней с сильным ветром являются

ежегодные изменения интенсивности числа дней с сильным ветром являются ежегодные изменения интенсивности атмосферной циркуляции. [14]

Таким образом, климатические условия местности характеризуются как относительно суровые и соответствуют показателям средней подзоны тайги.

#### 2.4 Гидрологическая характеристика района исследования

Рельеф низменности разнообразят долины многочисленных небольших речек, протекающих, как правило, с севера на юг. Речная сеть врезана неглубоко (не более 15 м). Протекая по песчаным отложениям и имея незначительный уклон, они интенсивно меандрируют, в долинах рек отчетливо выражены пойма и местами надпойменная терраса, прирусловые участки обычно дренированы. Реки принадлежат к типу смешанного питания, в котором участвуют талые воды сезонных снегов, жидкие осадки и подземные воды. Основное питание реки получают за счет таяния снегов и выпадения летне-осенних дождей. [14]

Главные реки провинции – Лямин, Пим, Тромъеган и Аган. Это реки с небольшими уклонами, сильно меандрируют, со скоростями течения 0,5-0,7 м/сек. Они замерзают в первой половине ноября. Половодье в мае, иногда затягивается и до июля. Летом проходят дождевые паводки. [21]

Болота имеют очень широкое развитие, и заболоченность провинции составляет более 80%. Крупные болотные массивы имеют в центре хорошо выраженное горизонтальное плато, занимающее около половины длины профиля. На нем находится масса вторичных озер и обширных сильно обводненных мочажин, что создает озерковый комплекс. Он особенно хорошо выражен на междуречье Пима и Тромъегана. [21]

Территория исследования представлена большим количеством водотоков, озер и болот. По характеру заболоченности территория относится к озёрно-болотной, озёра имеют термокарстовое, ледниковое происхождение. Обследованные озера расположены относительно бассейна реки Тромъеган и распространены повсеместно по сплошь заболоченным междуречьям. Озера бассейна реки Тромъеган весьма различны по форме: круглые, округлые, вытянутые. Подавляющее большинство водоемов – озера площадью менее 0,1 км<sup>2</sup>, которые являются частью грядово-озеркового или грядово-мочажинно-озеркового комплексных микроландшафтов, и очень малые озера (от 0,1 до 1 км<sup>2</sup>), а почти все остальные – малые (1,0-10 км<sup>2</sup>). По глубине подавляющее большинство озер очень мелкие (глубины менее 2м). реже – мелкие (2-5м). Вблизи рек встречаются глубокие (от 10-20м) и даже очень глубокие (более 20м) водоемы. По характеру связи с речной сетью различают озера проточные, сточные и бессточные. Подавляющее большинство озер (около

90%) не имеют поверхностного стока, т.е. они считаются бессточными. При отсутствии поверхностных водотоков, вытекающих из озер, сток из внутриболотных водоемов происходит путем фильтрации через торфяные берега. [14]

Основной источник питания озер, как и рек, - талые воды; в меньшей степени питание осуществляется за счет дождей. Роль грунтовых вод в питании озёр незначительна, и для большинства из них подземное питание наблюдается только в теплый период года. В годовом цикле можно выделить следующие основные фазы: весеннее половодье (середина мая – конец июня), общей продолжительностью не более 45 суток; низкий летне-осенний сток (продолжительность всего периода около 90 суток); очень низкий зимний меженный сток (в период ледостава).

### Выводы

Холмогорское нефтяное месторождениерасположено в 540 км к Юго-Востоку от г. Салехард и приурочено к серии локальных поднятий Надымской нефтегазонасной области северной части Сургутского нефтегазонасного района Западно-Сибирской нефтегазонасной провинции.

Согласно Н.А. Гвоздецкому район исследования относится к Западно-Сибирской стране, лесной равнинной широтно-зональной области, Сургутской провинции. Сургутская провинция занимает центральную часть Западно-Сибирской равнины к северу от широтного отрезка долины Оби между реками Лямин (на западе) и Аган (на востоке).

Почвы района исследования супесчаные, реже суглинистые подзолистые с разной степенью выраженности подзолистого процесса, с интенсивным накоплением оторфованной подстилки, незначительным гумусонакоплением, локально встречаются болотные и аллювиальные почвы.

Климат района исследования умеренный континентальный, характеризующийся быстрой сменой погодных условий, особенно осенью и весной, а также в течение суток.

Территория исследования представлена большим количеством водотоков, озер и болот. По характеру заболоченности территория относится к озёрно-болотной, озёра имеют термокарстовое, ледниковое происхождение. Обследованные озера расположены относительно бассейна реки Тромъеган и распространены повсеместно по сплошь заболоченным междуречьям.

### ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа над диссертацией велась в период с 2018 по 2019 годы. И включала в себя как теоретические, так и эмпирические методы научного исследования. Для заложения теоретического фундамента исследовательской работы была изучена научная литература по данной теме, официальные отчеты государственных ведомств и нефтегазодобывающих компаний, тематические журналы и статьи из различных источников. Полный перечень использованной литературы и других источников, вы можете найти в соответствующем разделе в конце данной работы.

Этапы практической части работы делятся на экспедиционный и камеральный. В рамках экспедиционного этапа в начале сентября 2018 года, в период летней межени, был проведен отбор проб воды в 8 исследуемых объектах, из них 6 опытных озер на территории Холмогорского нефтяного месторождения и 2 контрольных за его пределами (рисунок 2). Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. Для удобства используются собственные названия озер, которые отсутствовали на топографической карте(рисунок 3).

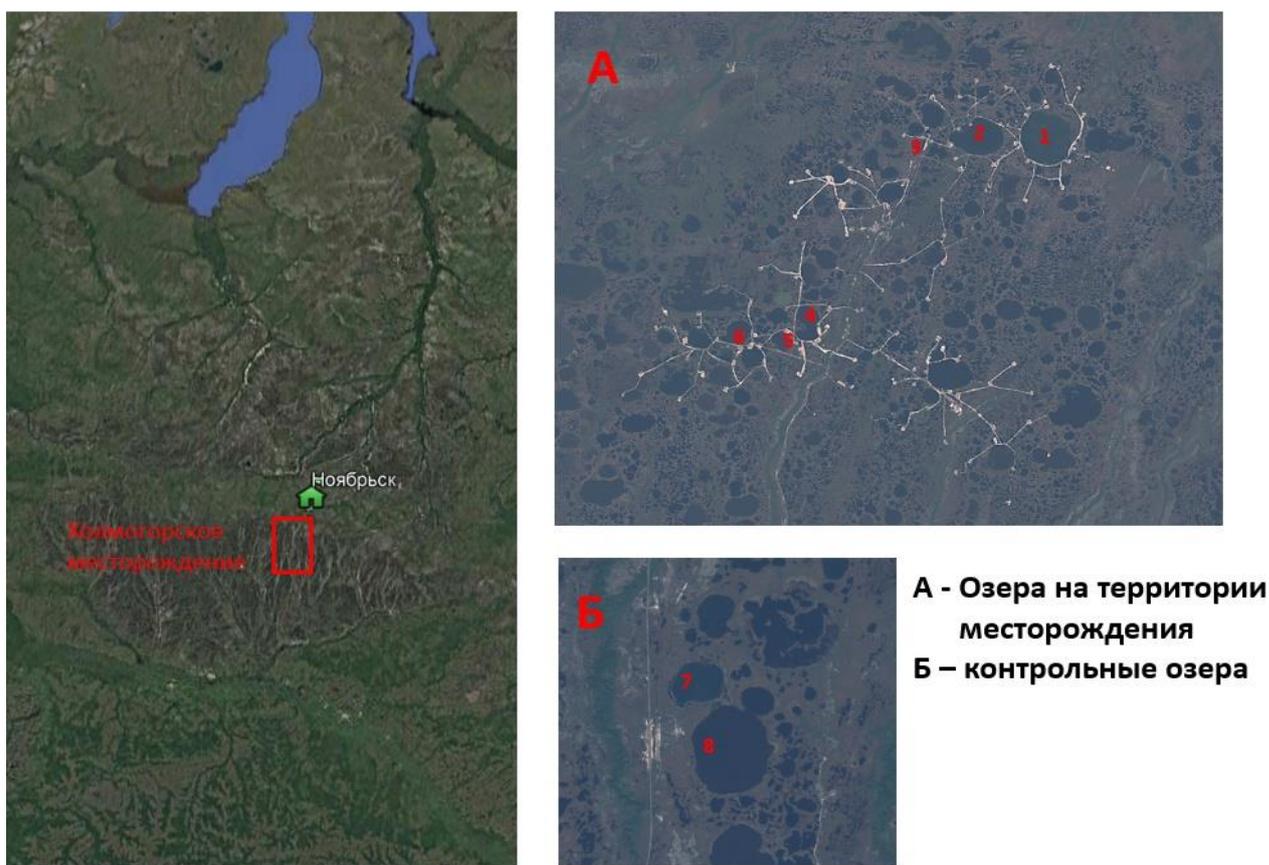


Рисунок 2 - Расположение объекта исследования (Масштаб 1:100000. Карта создана при помощи программы GoogleEarthPro автором)Цифрами указаны номера озер.

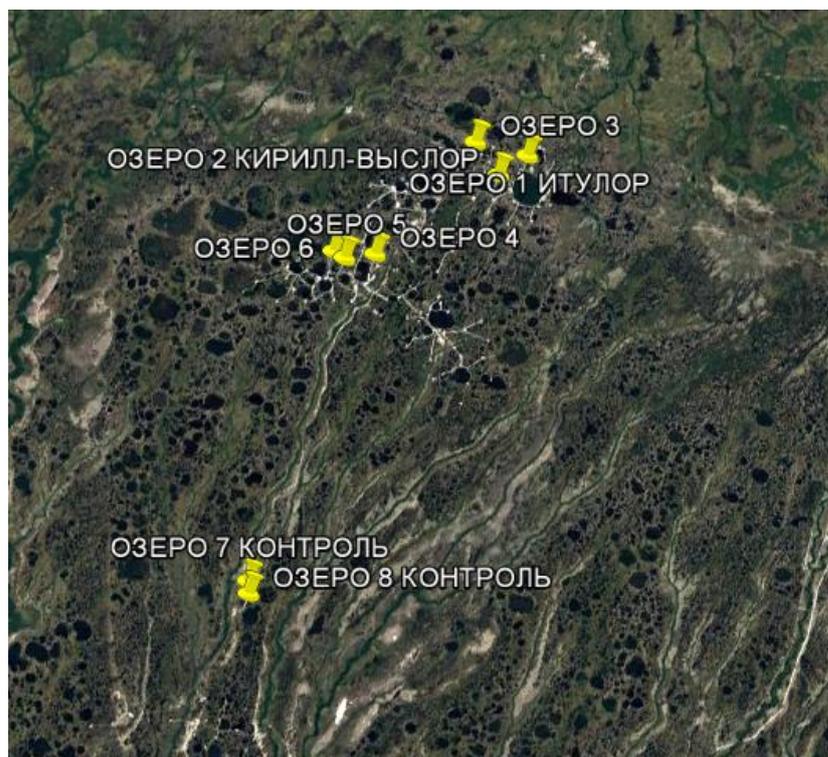


Рисунок 3- Расположение опытных и контрольных озер (Масштаб 1:5000. Карта создана при помощи программы GoogleMaps автором)

Координаты точек отбора проб приведены в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1 - Названия озер и координаты отбора проб (составлено автором)

№	Название озера	Координаты
1	Озеро Итулор	N63° 02.667', E74° 31.974'
2	Озеро Кирилл-Выслор	N63° 01.605', E74° 29.681'
3	Озеро б/н	N63° 02.796' E74° 26.922'
4	Озеро б/н	N62° 57.202' E74° 19.775'
5	Озеро б/н	N62° 56.780' E74° 17.029'
6	Озеро б/н	N62° 56.961' E74° 15.893'
7	Озеро б/н	N62° 42.282' E74° 14.323'
8	Озеро б/н	N62° 41.754' E74° 14.624'

Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб(рисунок4).



Рисунок 4 - Отбор проб 02.09.2018г. (Автор фото)

Также экспедиционный этап научной работы включал в себя измерение показателей pH, минерализации, электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала и температуры воды в полевых условиях при помощи приборов: pH метр HM Digital PH-200, HM Digital ORP-200 и HM Digital COM-100 (рисунок 5).



Рисунок 5 - Приборы для измерения гидрохимических показателей в полевых условиях

(Источник: <https://www.ecounit.ru>) [38]

Далее были определены физические качества воды: температура, мутность и цветность. Отбор проб и измерений гидрохимических показателей проводились автором работы (рисунок 5). Результаты полевых измерений показаны в главе 4 и Приложении Б.



Рисунок 6 - Измерение показателей в полевых условиях (фото автора)

Камеральный этап работы включал в себя обзор литературных источников, изучение физико-географических особенностей территории, статистическую обработку результатов лабораторного анализа (в программах STATISTICA и Excel), расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ).

Корреляционный анализ данных проводили с использованием стандартного пакета программы STATISTICA. Для выполнения анализов использовали данные по химическому составу 32 проб озерной воды и 8 проб минеральных донных отложений территории исследования без учета природной зональности.

Для выявления основных процессов, оказывающих влияние на накопление загрязняющих веществ в поверхностных водоемах и минеральных донных отложениях, был проведен кластерный анализ (метод древовидной кластеризации) в результате чего были построены дендограммы.

Конечным этапом работы являлась характеристика обследованных озер по физико-химическим и гидрохимическим показателям, анализ содержания тяжелых металлов в озерных водах и донных отложениях и геоэкологическая характеристика.

При проведении лабораторного анализа проб 2018 года определялись следующие показатели: биологическое потребление кислорода, окисляемость перманганатная, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, фосфат-ион, гидрокарбонаты, сухой остаток, сумма углеводов, сульфаты и хлориды у 8 озер. Методы анализов и закрепляющие их нормативные документы представлены в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 - Методики измерения анализируемых компонентов (составлено автором)

Наименование компонента	Метод анализа	Нормативный документ, регламентирующий методику измерения
Азот аммонийный	Фотометрический метод	ПНД Ф 14.1:2:4.262-10
Азот нитритный	Фотометрический метод	ПНД Ф 14.1:2:4.3-95
Азот нитратный	Фотометрический метод	ПНД Ф 14.1:2:4.4-95
Фосфат-ион	Фотометрический метод	ПНД Ф 14.1:2:4.112-97
БПК <sub>5</sub>	Количественный Метод	ПНД Ф14.1:2:3:4.123-97
Окисляемость перманганатная	Титриметрический метод	ПНД Ф14.1:2:4.154-99
Гидрокарбонаты	Титриметрический метод	РД 52.24.493-2006
Сульфат-ион	Титриметрический метод	ПНД Ф 14.1:2:3.108-97
Хлорид-ион	Аргентометрический метод	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97
Нефтепродукты	Метод ИК-спектрофотометрии	ПНД Ф 14.1:2:4.5-95
Сухой остаток	Гравиметрический метод	ПНД Ф 14.1:2:4.114-97
Элементный состав	Атомно-эмиссионный и масс-спектральный метод	НСАМ №520-АЭС/МС

Пробы воды для анализа на ИСП отбирались в полиэтиленовые пробирки, объем проб составлял  $\approx 15$  мл. Перед проведением анализа к пробам добавляли по 0,2 мл концентрированной HNO<sub>3</sub> (Nitricacid 65% Suprapur, Merck), интенсивно встряхивали 5 мин и оставляли на 12 часов.

Элементный анализ пробы проведен в Аналитическом сертификационном испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН). Определение элементного состава вод проводили по методике НСАМ №520-АЭС/МС “Определение элементного состава природных, питьевых, сточных и морских вод атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами с индуктивно связанной плазмой” (Свидетельство о метрологической аттестации методики №520-01.00115-2013-2017 от 27 марта 2017).

Содержание В, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Sr, Ba, Hg, Pb, Li, Be, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Tl, Bi, Th, U для 8 озер в пробах определяли атомно-эмиссионным (iCAP-6500, ThermoScientific, США) и масс-спектральным (X-7, ThermoElemental, США) методами анализа. Этот анализ дает возможность определять концентрации различных элементов до 10х долей нанограммов.

Для проверки правильности проведения анализа использовали стандартный образец питьевой воды “TraceMetalsinDrinkingWater” производства High-PurityStandards (США).

Гидрохимический анализ состава анионов и катионов, сухого остатка осуществлялся по стандартным аттестованным ПНД Ф методикам в Лаборатории экологических исследований Института Химии Тюменского государственного университета.

Результаты лабораторных измерений приведены в Приложении А и В.

Для геоэкологической оценки качества обследованных озер использовался расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ). ИЗВ установлен Госкомгидрометом СССР и относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра);

$n$  – число показателей, используемых для расчета индекса,

$n = 6$ ;

**ПДК<sub>i</sub>** – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК<sub>5</sub> и содержание растворенного кислорода, находят отношения  $C_i / \text{ПДК}_i$  фактических концентраций к ПДК и полученный список сортируют. ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет.[36]

В результате исследования даны физико-химическая и гидрохимическая характеристика, анализ содержания ТМ в водах 6-и озер территории Холмогорского месторождения и 2-ух озер за его пределами и геоэкологическая оценка их качества.

## ГЛАВА 4 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ХОЛМОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ

### 4.1 Физико-химические и гидрохимические характеристики обследованных озер

Для физико-химической и гидрохимической характеристики обследованных озер были определены следующие показатели: биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>, мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), окисляемость перманганатная, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, фосфат-ион, гидрокарбонаты, сухой остаток, сумма углеводов, сульфаты и хлориды, фториды, калий, магний, натрий, кальций.

В полевых исследованиях были определены: мутность, цветность, водородный показатель, температура, окислительно-восстановительный потенциал, удельная электропроводность, минерализация.

Статистическая обработка гидрохимических и физико-химических показателей выявила средние значения показателей для исследуемых водных объектов, минимальные и максимальные, а также стандартное отклонение.

Среднее содержание БПК, перманганатной окисляемости, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, сухого остатка и нефтепродуктов в озерной воде на территории месторождения превышают показатели опытных озер в несколько раз. Анионы NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в контрольных озерах не были обнаружены. Также, отмечается повышенное (в 28 раз) содержание нефтепродуктов в опытных озерах, что связано с аварийными разливами нефти на территории промысла (таблица 4.1.1).

По классификации озер О.А. Алекина [12] опытные озера, находящиеся на территории Холмогорского месторождения, относятся к хлоридному классу, группа натрия, тип первый, тогда как контрольные озера, находящиеся за пределами месторождения относятся к гидрокарбонатному классу, группа кальция, тип первый (рисунок 7,8).

Таблица 4.1.1 - Статистическая характеристика минеральной компоненты воды озер исследуемой территории (составлено автором)

Показатели, размерность	Опытные озера			Контрольные озера		
	N	MEAN(min-max)	SD	N	MEAN (min-max)	SD
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	6	1,55(0,5-4,2)	1,49	2	0,86(0,85-0,86)	0,01
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	6	7,83(2,67-12)	2,67	2	6,55(3,1-10)	4,88
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	0,37(0,19-0,6)	0,17	2	0,41(0,19-0,64)	0,32
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	0(0-0,02)	0,01	2	0	0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	0,08(0-0,3)	0,13	2	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	2,07(1,69-2,39)	0,27	2	2,16(2,09-2,22)	0,09
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	6,55(4,1-11,1)	2,57	2	5,05(4,8-5,3)	0,35
Cl <sub>1</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	11,6(2,85-21,9)	7,88	2	1,18(1,08-1,27)	0,13
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6	0,01(0-0,04)	0,01	2	0,03(0,01-0,05)	0,02
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	6	62,83(42-79)	15,48	2	26(19-33)	9,9
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	6	4,57(0,17-20,9)	8,15	2	0,16(0,01-0,31)	0,22

Примечание: N-количество озер, MEAN(min-max) – среднее арифметическое (минимальное и максимальное значения), SD – стандартное отклонение

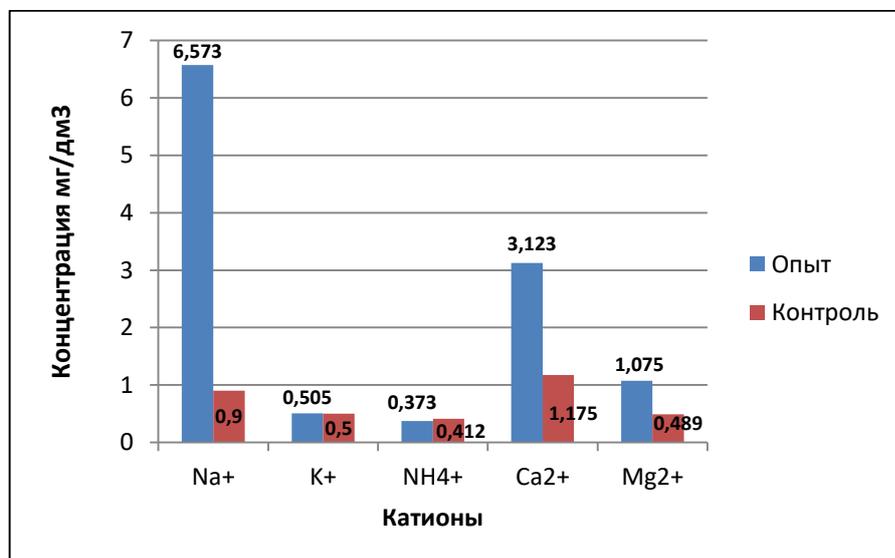


Рисунок 7 – Содержание основных катионов в воде опытных и контрольных озер (составлено автором)

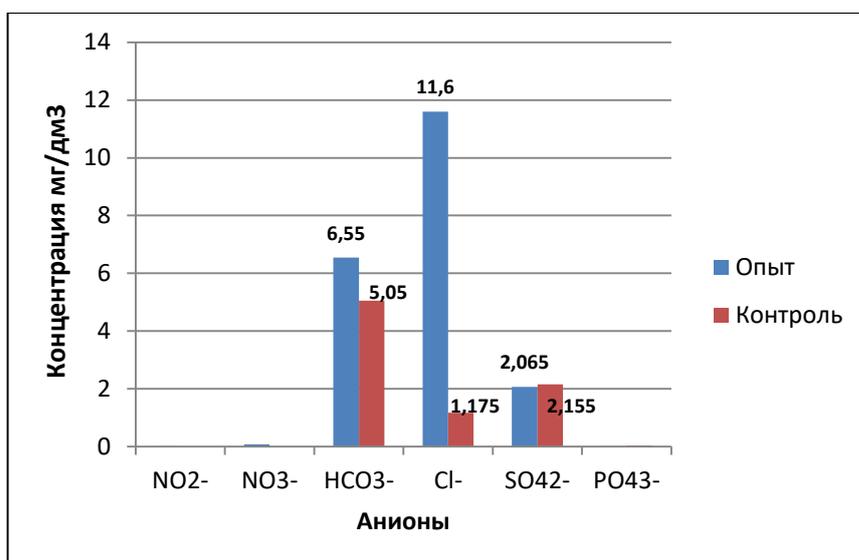


Рисунок 8 – Содержание основных анионов в воде опытных и контрольных озер  
(составлено автором)

Анализ физико-химических показателей характеризует исследуемые водные объекты по классификации О. А. Алекина [12] как с очень малой минерализацией (<100 мг/дм<sup>3</sup>). Согласно классификации природных вод по минерализации все обследованные озера относятся к категории ультрапресных вод (среднее значение минерализации по всем озерам 0,02 г/л). По показателю рН озера относятся к слабокислым (таблица 4.1.2).

Таблица 4.1.2 - Физико-химические характеристики озер территории исследования  
(составлено автором)

Показатели, размерность	Опытные озера			Контрольные озера		
	N	MEAN(min-max)	SD	N	MEAN (min-max)	SD
Удельная электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	45,52 (12,7-84,7)	28,7	2	5,7(4,7-6,7)	1,41
Суммарная минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	6	29,63(8,2-56,3)	19,12	2	3,7(3-4,4)	0,99
Окислительно-восстановительный потенциал, mV	6	132,83(75-225)	50,47	2	215,5(184-247)	44,55
рН, ед. рН	6	5,02(3,68-5,7)	0,69	2	3,77(3,49-4,04)	0,39
Цветность, градусы	6	50,83(20-100)	31,69	2	57,5(15-100)	60,1
Мутность, мг/дм <sup>3</sup> по каолину	6	3,5(1,36-6,69)	2,05	2	4,6(1,73-7,47)	4,06

Примечание: N-количество озер, MEAN (min-max) – среднее арифметическое (минимальное и максимальное значения), SD – стандартное отклонение

Удельная электропроводность опытных озер почти в 8 раз превосходит этот показатель для контрольных озер. Что согласуется и в восьмикратном превышении по общей минерализации озерных вод в пределах месторождения. Это свидетельствует об устойчивом солевом техногенном загрязнении опытных озер, в первую очередь минерализованными пластовыми водами хлоридно-натриевого состава. Основной источник минерального загрязнения озерных вод – аварии коллекторов системы поддержания пластового давления, по которым перекачивается смесь высокоминерализованных пластовых вод с поверхностными водами.

Определение значений окислительно-восстановительного потенциала показало, что озерная вода как опытных, так и контрольных озер имеет окислительную реакцию: ОВП превышает 100 mV. Причем ОВП вод контрольных озер почти в два раза выше, чем в опытных, что свидетельствует о более высокой самоочищающей способности контрольных озер.

Также, из таблицы 4.1.2 видно, что по показателям цветности и мутности опытные и контрольные озера не различаются.

#### 4.2 Геохимическая характеристика донных отложений обследованных озер

Далее были изучены концентрации веществ, находящихся в минеральных донных отложениях.

Отбор проб донных отложений происходил в осенний период. С озер Итулор, Кирилл-Выслор, 3, 4, 5, 6, 7, 8 были отобраны пробы донных отложений минерального состава. Для оценки минеральных донных отложений озер были построены корреляционные матрицы сходства содержания химических элементов и оксидов в донных отложениях.

Проведен корреляционный анализ минеральных донных отложений по оксидам ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Собщ.,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) между всеми озерами. Корреляционная матрица сходства содержания оксидов в минеральных донных отложениях, показывает статистически значимые коэффициенты корреляции Пирсона, отличающиеся сильной связью ( $\approx 0,98$ ), что говорит о сходном химическом составе донных отложений (таблица 4.2.1).

Таблица 4.2.1 - Корреляционная матрица сходства содержания оксидов в минеральных донных отложениях обследуемых озер (составлено автором)

Название озера	Итулор	Кирилл-Выслор	Озеро 3	Озеро 4	Озеро 5	Озеро 6	Озеро 7	Озеро 8
Итулор	1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,96*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,97*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,95*</b>
Кирилл-Выслор		1,00	<b>0,93*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,97*</b>	<b>0,96*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,98*</b>
Озеро 3			1,00	<b>0,93*</b>	<b>0,94*</b>	<b>0,89*</b>	<b>0,93*</b>	<b>0,89*</b>
Озеро 4				1,00	<b>0,95*</b>	<b>0,93*</b>	<b>0,95*</b>	<b>0,96*</b>
Озеро 5					1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,94*</b>
Озеро 6						1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,92*</b>
Озеро 7							1,00	<b>0,94*</b>
Озеро 8								1,00

Примечание: \* P<0,05

Кроме изучения содержания оксидов в минеральных донных отложениях исследованных озер, был проведен корреляционный анализ минеральных донных отложений по 22-ум тяжелым металлам между всеми.

Корреляционный анализ проб минеральных донных отложений показал очень высокое достоверное сходство химического состава по основным ТМ (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Hf, Pb, Th) восьми исследованных озер позволяет говорить о сходном химическом составе донных отложений.(таблица 4.2.2)

Таблица 4.2.2 - Корреляционная матрица сходства содержания элементов в минеральных донных отложениях (составлено автором)

Название озера	Итулор	Кирилл-Выслор	Озеро 3	Озеро 4	Озеро 5	Озеро 6	Озеро 7	Озеро 8
Итулор	1	<b>0,99*</b>	<b>0,96*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>
Кирилл-Выслор		1	<b>0,96*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>
Озеро 3			1	<b>0,94*</b>	<b>0,95*</b>	<b>0,93*</b>	<b>0,94*</b>	<b>0,95*</b>
Озеро 4				1	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>
Озеро 5					1	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>
Озеро 6						1	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>
Озеро 7							1	<b>0,98*</b>
Озеро 8								1

Примечание: \* P<0,05; Элементы: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Hf, Pb, Th.

Итак, согласно проведенному корреляционному анализу, наблюдается высокая достоверность содержания тяжелых металлов среди всех минеральных донных отложений ( $\approx 0,98$ ), что свидетельствует о сходных условиях формирования элементного состава поверхностных вод на данной территории.

Из тяжелых металлов в минеральных донных отложениях анализировалось содержание следующих химических элементов: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Hf, Pb, Th - среднее содержание которых имеет следующий порядок:

>100 мкг/л	<b>Ba</b>
10-100	<b>Sr, Zr, Rb, Zn, V</b>
1-10	Ce, Cr, Pb, La, Nd, Ni, Cu, Y, Nb, Ga, Th
0,1-1	Pr, Co, Hf, Sm, Gd

Анализ распределения концентраций тяжелых металлов в минеральных донных отложениях исследованных озер показал, что основная доля валовых форм приходится на следующие химические элементы: – V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Hf, Pb, Th до 99 % от содержания всех тяжелых металлов в пробах. (таблица 4.2.3)

Таблица 4.2.3 - Распределение основных тяжелых металлов в минеральных донных отложениях обследованных озер (составлено автором)

Озеро 1. Итулор	<b>Ba&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Zr&gt;Rb&gt;V&gt;Zn&gt;Ce&gt;Cr&gt;Pb&gt;La&gt;Nd&gt;Nb&gt;Y&gt;Cu&gt;Ni&gt;Ga</b>
Озеро 2. Кирилл- Выслор	<b>Ba&gt;&gt;Zr&gt;&gt;Zn&gt;Sr&gt;V&gt;Ce&gt;Rb&gt;Cr&gt;Pb&gt;La&gt;Ni&gt;Y&gt;Nd&gt;Hf&gt;Th&gt;Ga</b>
Озеро 3. б/н*	<b>Ba&gt;&gt;Zr&gt;&gt;Sr&gt;Zn&gt;V&gt;Rb&gt;Ce&gt;Cr&gt;Nb&gt;Pb&gt;Nd&gt;La&gt;Cu&gt;Y&gt;Hf&gt;Ni</b>
Озеро 4. б/н	<b>Ba&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Zr&gt;Zn&gt;V&gt;Rb&gt;Ce&gt;Cr&gt;La&gt;Pb&gt;Nd&gt;Y&gt;Cu&gt;Ni&gt;Nb&gt;Th</b>
Озеро 5. б/н	<b>Ba&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Zr&gt;Rb&gt;V&gt;Zn&gt;Ce&gt;Cr&gt;Pb&gt;La&gt;Nb&gt;Nd&gt;Ni&gt;Y&gt;Cu&gt;Ga</b>
Озеро 6. б/н	<b>Ba&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Rb&gt;Zr&gt;Zn&gt;Ce&gt;V&gt;La&gt;Pb&gt;Nd&gt;Cr&gt;Y&gt;Ga&gt;Nb&gt;Th&gt;Cu</b>
Озеро 7. б/н (контроль)	<b>Ba&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Zr&gt;Rb&gt;V&gt;Ce&gt;Zn&gt;Cr&gt;Pb&gt;La&gt;Nd&gt;Nb&gt;Y&gt;Cu&gt;Ga&gt;Ni</b>
Озеро 8. б/н (контроль)	<b>Ba&gt;&gt;Zn&gt;&gt;Zr&gt;Sr&gt;Cr&gt;V&gt;Ce&gt;Rb&gt;Ni&gt;Cu&gt;La&gt;Nd&gt;Pb&gt;Y&gt;Ga&gt;Nb</b>

Примечание: б/н – без названия, полужирный шрифт – 98% от содержания всех ТМ

Расчеты коэффициентов корреляции и кластерный анализ показали, что существует очень высокая достоверная связь между концентрациями:

- ванадия и хрома, кобальта, меди, цинка, галлия, иттрия, ниобия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- хрома и кобальта, никеля, меди, цинка, галлия, иттрия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, тория;
- кобальта и меди, цинка, галлия, иттрия, ниобия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- никеля и меди, цинка, галлия, иттрия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния;
- меди и цинка, галлия, иттрия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, тория;
- цинка и галлия, иттрия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, тория;
- галлия и иттрия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- рубидия и стронция, бария, лантана, церия, празеодима, свинца;
- стронция и бария, свинца;
- иттрия и ниобия, лантана, церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- циркония и ниобия, ртути;
- ниобия и ртути, свинца;
- бария и свинца;
- лантана и церия, празеодима, неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- церия и празеодима, неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- празеодима и неодима, самария, гадолиния, свинца, тория;
- неодима и самария, гадолиния, свинца, тория;
- самария и гадолиния, свинца, тория;
- гадолиния и свинца, тория;
- свинца и тория.

Это свидетельствует о едином источнике поступления ТМ в озерные воды для каждой из выделенных групп. Ртуть не коррелирует ни с одним из элементов. (Приложения Г, Д)

#### 4.3 Тяжелые металлы в водах обследованных озер

Тяжелые металлы (ТМ), как особая группа элементов, в химии выделяются из-за токсического действия, оказываемого на живые организмы при высокой их концентрации. Тяжелыми принято считать металлы с атомной массой больше 50. Эти элементы обладают большой токсичностью для живых организмов. Несмотря на токсические свойства, многие из них играют важную роль в качестве микроэлементов в биохимических реакциях. Необходимо заметить, что количество научных публикаций, посвященных «традиционным» ТМ (железо, медь, цинк, никель, кобальт и пр.), измеряется тысячами, но данных по содержанию сверхтяжелых металлов (начиная с цезия) в природных средах, за исключением свинца, ртути, урана, значительно меньше. Имеются лишь единичные публикации по лантанидам, оказывающими различное физиологическое воздействие на живые организмы.[19]

Наибольшее содержание валовых форм тяжелых металлов отмечено в озере 3 (375,7 мкг/л), находящемся на территории нефтедобычи. Наименьшее содержание валовых форм тяжелых металлов находится в озере 7 (25,6 мкг/л), находящемся за пределами месторождения нефти (рисунок 11).

Суммарное содержание валовых форм ТМ в опытных озерах почти в 4 раза превышает аналогичный показатель в озерных водах контроля (таблица 4.3.1).

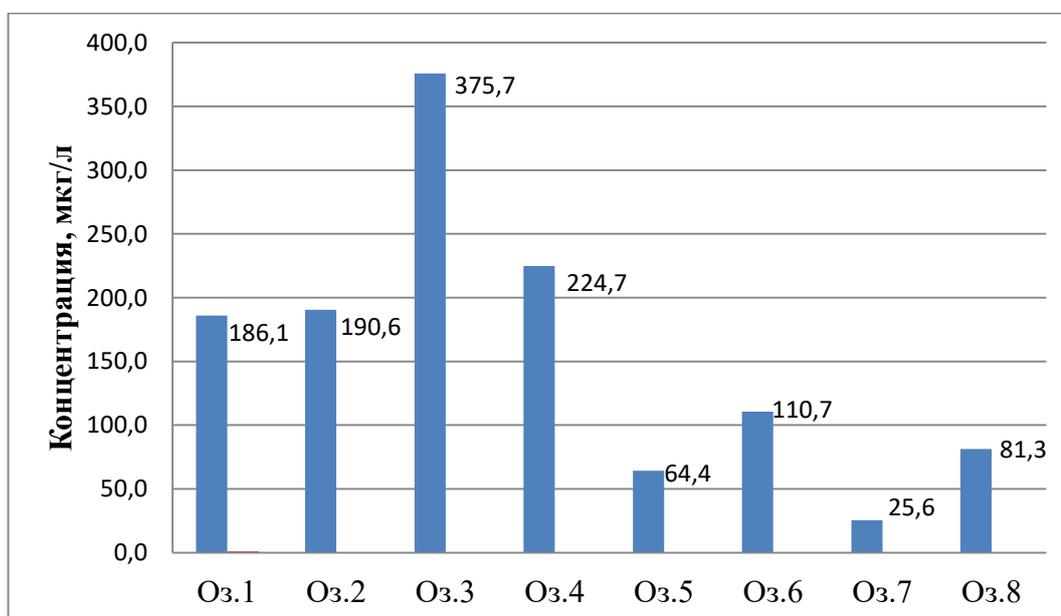


Рисунок 11 – Суммарное содержание валовых форм ТМ в воде обследуемых озер (составлено автором)

Таблица 4.3.1 - Содержание ТМ в озерах территории исследования (составлено автором)

Показатель	Опытные озера			Контрольные озера		
	N	MEAN	SD	N	MEAN	SD
ТМ, мкг/дм <sup>3</sup>	6	191,90 (64,23-375,6)	107,54	2	53,33 (25,56-81,10)	39,28

Примечание: MEAN (min - max) – среднее арифметическое (минимальное и максимальное значения), SD – квадратичное отклонение, N – количество озер

В целом содержание ТМ в озерной воде на территории месторождения изменяется в следующем порядке:

>100 мкг/л      Fe  
 10-100            Sr>B>Mn  
 1-10                Zn  
 0,1-1              V>Rb>Pb>Ni>Se>Y  
 0,01-0,1        Nd>Zr>La>Sb>Co>Gd

В контрольных озерах содержание ТМ в воде изменяется в следующем порядке:

10-100 мкг/л      Fe>Mn  
 1-10                Zn>Ba>Sr  
 0,1-1              V>Rb>Pb>Ce  
 0,01-0,1        Y>Nd>La>Sb>Zr>Co

Исходя из распределения тяжелых металлов в озерной воде, мы видим, что более высокая концентрация ТМ в озерных водах территории месторождения формируется железом, стронцием и барием, концентрации которых на порядок превышают соответствующие значения контрольных озер. Железо на территории месторождения выходит за пределы 100 мкг/л, когда в контрольных озерах его концентрация составляет 50,8. В озере 7 концентрация железа ниже предела обнаружения.

Статистические характеристики содержания валовых форм основных ТМ озерных водах представлены в таблице 4.3.2.

Таблица 4.3.2 - Статистические характеристики содержания валовых форм основных ТМ озерных водах, мкг/ дм<sup>3</sup>\* (составлено автором)

	N	Mean (min-max)	SD
V	8	0,46 (0-1,95)	0,63
Mn	8	12,52 (1,63-24,65)	7,45
Fe	8	88,73 (0-277,26)	94,87
Ni	8	0,13 (0-0,44)	0,19
Zn	8	2,40 (0-7,56)	2,25
Sr	8	38,06 (2,17-115,70)	43,05
Ba	8	13,48 (3,44-38,95)	12,69
Pb	8	0,36 (0,03-1,64)	0,54
Rb	8	0,57 (0,31-0,88)	0,21
Y	8	0,10 (0,02-0,19)	0,06
Zr	8	0,07 (0-0,18)	0,06
Mo	8	0,02 (0-0,04)	0,01
Cd	8	0,01 (0-0,02)	0,01
Sb	8	0,05 (0,02-0,11)	0,03
La	8	0,06 (0,02-0,10)	0,03
Ce	8	0,15 (0,04-0,26)	0,08
Pr	8	0,02 (0-0,03)	0,01
Nd	8	0,08 (0,02-0,14)	0,04

Примечание: MEAN (min - max) – среднее арифметическое (минимальное и максимальное значения), SD – квадратичное отклонение, N – количество озер

Корреляционный анализ показал очень высокое достоверное сходство химического состава по основным ТМ (V, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Ba, Pb, Rb, Y, Zr, Mo, Cd, Sb, La, Ce, Pr, Nd) восьми исследованных озер позволяет говорить о выявленной закономерности распределения содержания ТМ в озерных водах, характерной для района исследований (таблица 4.3.3).

Исключение составляет контрольное озеро № 7, обладающее уникальным набором ТМ. Это подтверждается ранжированием ТМ по концентрациям и чрезвычайно низким содержанием железа за пределами точности метода ICP-MS (таблица 4.3.4).

Таблица 4.3.3 - Корреляционная матрица сходства содержания элементов в воде обследуемых озер (составлено автором)

Название озера	Итулор	Кирилл-Выслор	Озеро 3	Озеро 4	Озеро 5	Озеро 6	Озеро 7	Озеро 8
Итулор	1	<b>0,92*</b>	<b>0,65*</b>	<b>0,55*</b>	<b>0,76*</b>	<b>0,6*</b>	<b>0,22</b>	<b>0,56*</b>
Кирилл-Выслор		1	<b>0,38</b>	<b>0,27</b>	<b>0,50*</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,23</b>
Озеро 3			1	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,98*</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,95*</b>
Озеро 4				1	<b>0,95*</b>	<b>0,98*</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,95*</b>
Озеро 5					1	<b>0,97*</b>	<b>0,09</b>	<b>0,95*</b>
Озеро 6						1	<b>0,11</b>	<b>0,99*</b>
Озеро 7							1	<b>0,19</b>
Озеро 8								1

Примечание: \***P<0,05**; Элементы: V, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Ba, Pb, Rb, Y, Zr, Mo, Cd, Sb, La, Ce, Pr, Nd

Анализ распределения концентраций тяжелых металлов в поверхностной воде обследованных озер показал, что основная доля валовых форм приходится на следующие химические элементы: – V, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Ba, Pb, Rb, Y, Zr, Mo, Cd, Sb, La, Ce, Pr, Nd их содержание составляет 99 % от содержания всех тяжелых металлов в пробах (таблица 4.3.4).

Таблица 4.3.4 - Распределение основных тяжелых металлов в поверхностной воде обследованных озер (составлено автором)

Озеро 1. Итулор	<b>Sr&gt;&gt;Fe&gt;&gt;Mn&gt;Ba&gt;Rb&gt;Ce&gt;Pb&gt;Y&gt;Nd&gt;La&gt;Sb&gt;Pr</b>
Озеро 2. Кирилл-Выслор	<b>Sr&gt;&gt;Ba&gt;&gt;Fe&gt;Zn&gt;Mn&gt;Rb&gt;Ce&gt;Pb&gt;Y&gt;Nd&gt;Sb&gt;La&gt;Zr&gt;Mo&gt;Pr</b>
Озеро 3. б/н	<b>Fe&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Ba&gt;Mn&gt;Zn&gt;Rb&gt;Pb&gt;V&gt;Ce&gt;Y&gt;Zr&gt;Nd&gt;La&gt;Sb&gt;Pr&gt;Mo&gt;Cd</b>
Озеро 4. б/н	<b>Fe&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Ba&gt;Mn&gt;Zn&gt;Rb&gt;Ni&gt;V&gt;Ce&gt;Pb&gt;Zr&gt;Y&gt;Nd&gt;La&gt;Sb&gt;Mo&gt;Pr</b>
Озеро 5. б/н	<b>Fe&gt;&gt;Sr&gt;&gt;Mn&gt;Ba&gt;Pb&gt;Zn&gt;Rb&gt;V&gt;Ni&gt;Ce&gt;Y&gt;Sb&gt;Nd&gt;La&gt;Zr&gt;Pr&gt;Mo</b>
Озеро 6. б/н	<b>Fe&gt;&gt;Mn&gt;&gt;Sr&gt;Ba&gt;Zn&gt;V&gt;Rb&gt;Ni&gt;Ce&gt;Y&gt;Zr&gt;Pb&gt;Nd&gt;La&gt;Sb&gt;Mo&gt;Pr&gt;Cd</b>
Озеро 7. б/н(контр.)	<b>Mn&gt;&gt;Zn&gt;&gt;Ba&gt;Sr&gt;Rb&gt;V&gt;Pb&gt;Ce&gt;Sb&gt;Y&gt;La&gt;Nd&gt;Zr&gt;Mo&gt;Cd&gt;Pr</b>
Озеро 8. б/н(контр.)	<b>Fe&gt;&gt;Mn&gt;&gt;Ba&gt;Sr&gt;Zn&gt;V&gt;Pb&gt;Rb&gt;Ce&gt;Y&gt;Nd&gt;La&gt;Zr&gt;Sb&gt;Pr&gt;Cd</b>

Примечание: б/н – без названия, полужирный шрифт – 98% от содержания всех ТМ

Расчеты коэффициентов корреляции и кластерный анализ показали, что существует очень высокая достоверная связь между концентрациями:

- ванадия и циркония, иттрия, молибдена, лантана, церия, празеодима и неодима;
- стронция и бария, рубидия;
- бария и рубидия; свинца и сурьмы;
- иттрия и циркония, лантана, церия, празеодима, неодима;
- циркония и лантана, церия, празеодима, неодима;
- церия и празеодима, неодима; празеодима и неодима.

Это свидетельствует о едином источнике поступления ТМ в озерные воды для каждой из выделенных групп (Приложение Г, Д).

#### 4.4 Геоэкологическая оценка состояния озер, находящихся в зоне влияния производств по добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья

Содержания валовых форм ТМ в воде изученных озер по отношению к величинам ПДК<sub>рв</sub> представлены в таблице 4.4.1. Значительные превышения ПДК<sub>рв</sub> по алюминию отмечено в озере 8, по ванадию в озере 7, по марганцу в озере Итулор, озере 3, озере 6 и озере 8, в три раза превышает железо в озере 3 и в два раза в озере 4. По нашему мнению, такое превышение связано с антропогенным воздействием, а именно с нефтедобычей на данной территории.

Высокие концентрации Fe и Mn являются региональной особенностью. [27]Высокое загрязнение водоемов соединениями марганца, по мнению Росгидромета, может объясняться природными условиями регионов.

Источником железа являются болотные воды и воды торфяников, составляющих основу поверхностных вод района исследований. Вследствие того, что питание озер региона осуществляется частично за счет подземного стока, часть ТМ поступает в поверхностные воды из грунтовых.

Таблица 4.4.1– Содержание валовых форм ТМ в воде изученных озер по отношению к величинам предельно допустимых концентраций вредных веществ (ПДК<sub>рв</sub>) в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

Элемент	Содержание элементов (доля от значения ПДК, ед.)							
	Итулор	Кирилл- Выслор	Озеро 3	Озеро 4	Озеро 5	Озеро 6	Озеро 7	Озеро 8
Na	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	0	0	<b>1*</b>	<b>1*</b>	<b>1*</b>	<b>1*</b>	<b>1*</b>	<b>2*</b>
S	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	<b>2*</b>	0	<b>1*</b>
Mn	<b>2*</b>	0	<b>2*</b>	<b>1*</b>	<b>1*</b>	<b>2*</b>	<b>1*</b>	<b>2*</b>
Fe	<b>1*</b>	0	<b>3*</b>	<b>2*</b>	0	<b>1*</b>	0	<b>1*</b>
Co	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0	0	0	0	0	<b>1*</b>	0
As	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	0	0	0	0	0	0	0	0
Li	0	0	0	0	0	0	0	0
Be	0	0	0	0	0	0	0	0
Rb	0	0	0	0	0	0	0	0
Zr	0	0	0	0	0	0	0	0
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание: \* - превышение ПДК. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Приказ от 22 декабря 2016 года № 857 Федерального агентства по рыболовству).

Отдельно было рассмотрено содержание нефтепродуктов в исследуемых озерах. Из таблицы 4.4.2 видно, что на территории месторождения имеются значительные превышения ПДК<sub>рв</sub>.

Таблица 4.4.2 - Содержание нефтепродуктов в воде изученных озер по отношению к величинам предельно допустимых концентраций вредных веществ (ПДК<sub>рв</sub>) в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (составлено автором)

Элемент	Содержание элементов (доля от значения ПДК, ед.)							
	Итулор	Кирилл-Выслор	Озеро 3	Озеро 4	Озеро 5	Озеро 6	Озеро 7	Озеро 8
Нефтепродукты (мг/л)	<b>88*</b>	<b>418*</b>	<b>21*</b>	<b>9*</b>	<b>9*</b>	<b>3*</b>	не обнаружен	0

Примечание: \* - превышение ПДК (0,05 мг/л). Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Приказ от 22 декабря 2016 года № 857 Федерального агентства по рыболовству).

В озере Кирилл-Выслор нефтепродукты превышают ПДК в 418 раз, что говорит о сильном загрязнении озера. При отборе проб было отмечено, что на поверхности водоема образовалась нефтяная пленка, а донные отложения имеют запах нефти.

В озере Итулор превышение нефтепродуктов по отношению к ПДК в 88 раз. При изучении озера были замечены пятна нефти на песке вблизи озера, а также антропогенная деятельность.

В озере 4 в донных отложениях так же присутствовал нефтяной запах. Превышение по отношению к ПДК в этом озере в 9 раз.

В контрольных озерах превышение концентрации нефтепродуктов по отношению к ПДК не наблюдается.

Сравнительный анализ гидрохимических показателей озер (Приложение А) с ПДК для рыбохозяйственных водоемов выявил превышение биохимического потребления кислорода в озере 3. Для остальных объектов исследования превышение отсутствует. (рисунок 14).

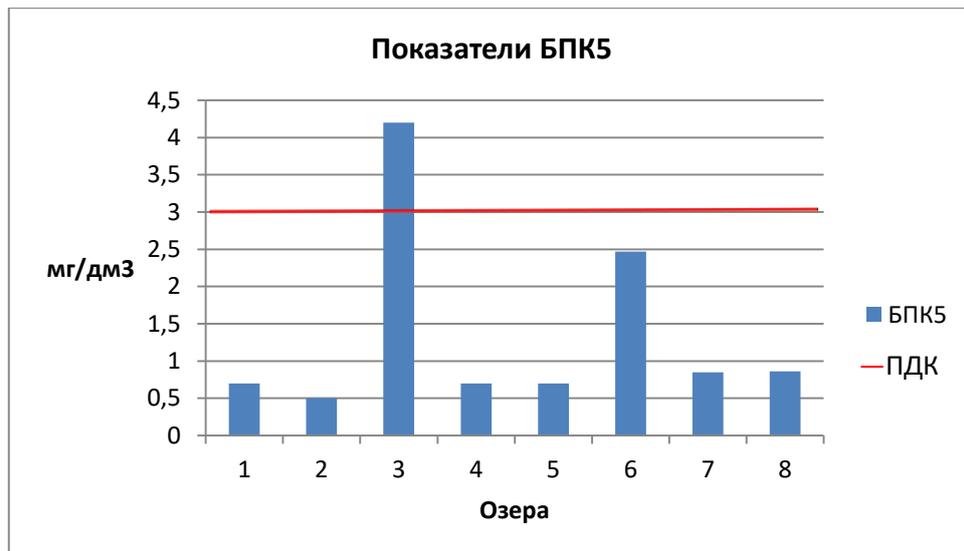


Рисунок 14- Показатели БПК<sub>5</sub> для исследуемых водных объектов в сравнении с ПДК рыб.хоз, мг/дм<sup>3</sup> (составлено автором)

Было выявлено превышение предельно-допустимой концентрации окисляемости перманганатной у 7 из 8 исследуемых озер(рисунок 15).Окисляемость перманганатная определяется для природных малозагрязненных вод.Высокий показатель перманганатной окисляемости говорит о присутствии среди органических веществ (гуминовые кислоты, растительная органика и т.д.) значительной доли железобактерий. Эти бактерии способны удерживать растворённое двухвалентное железо в стабильной форме, в разы увеличивая время необходимое для его окисления.[27]

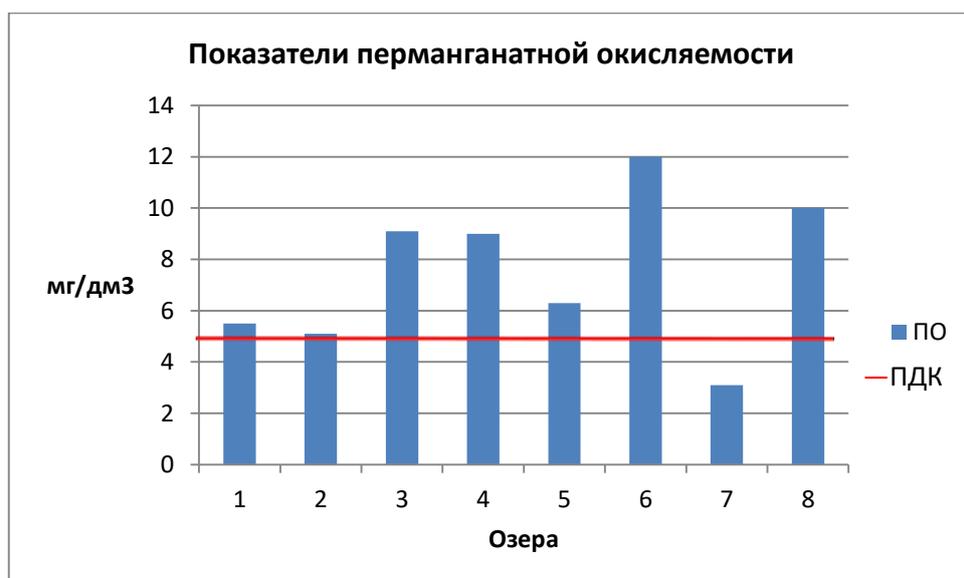


Рисунок 15- Показатели перманганатной окисляемости в сравнении с ПДК рыб.хоз., мг/дм<sup>3</sup> (составлено автором)

Гидрохимические показатели азота аммонийного ( $\text{NH}_4$ ) превышают ПДК<sub>рз</sub> у 3-ех озер (рисунок 16). Соединения азота в значительной части поступает в водные объекты с поверхностным и подземным стоком с почв. Атмосферные осадки, пройдя через верхний почвенный слой, обогащаются азотом. [27]



Рисунок 16- Показатели азота аммонийного в сравнении с ПДК рыб.хоз., мг/дм<sup>3</sup>(составлено автором)

Показатели нитритов ( $\text{N}/\text{NO}_2^-$ ), нитратов ( $\text{N}/\text{NO}_3^-$ ), фосфатов ( $\text{PO}_4^-$ ), хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ), сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) и сухого остатка не превышают предельно-допустимые показатели (Приложение А).

Для проведения геоэкологической оценки состояния озер, находящихся в зоне влияния по добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья был рассчитан индекс загрязнения вод. Для расчета индекса загрязнения в водной среде озер были выбраны следующие химические показатели:

- для озера Итулор: БПК5, рН, нефтепродукты, Mn, Fe;
- для озера Кирилл-Выслор: БПК5, рН, нефтепродукты;
- для озера 3: БПК5, рН, нефтепродукты, Al, Mn, Fe;
- для озера 4: БПК5, рН, нефтепродукты, Al, Mn, Fe;
- для озера 5: БПК5, рН, нефтепродукты, Al, Mn;
- для озера 6: БПК5, рН, нефтепродукты, Al, V, Mn, Fe;
- для озера 7: БПК5, рН, Al, Mn, Zn;
- для озера 8: БПК5, рН, Al, V, Mn, Fe.

Измерения индекса загрязненности показали, что вода в озерах на территории месторождения относится к категориям «чрезвычайно грязные», «грязные» и «загрязненные», за счет высоких концентраций нефтепродуктов; контрольные озера относятся к категории «чистые» (таблица 4.4.3).

Таблица 4.4.3 - Класс качества водной среды озер Холмогорского месторождения в зависимости от значений индекса загрязнения воды (составлено автором)

Озера	Значение ИЗВ	Класс опасности	Характеристика водной среды
Итулор	18,45	VII	Чрезвычайно грязное
Кирилл-Выслор	139,8	VII	Чрезвычайно грязное
3	4,9	V	Грязное
4	2,3	IV	Загрязненное
5	2,5	IV	Загрязненное
6	1,5	III	Умеренно загрязненное
7	0,8	II	Чистое
8	0,9	II	Чистое

### Выводы

Вследствие техногенного загрязнения озера, находящиеся на территории Холмогорского месторождения, относятся к хлоридному классу, группа натрия, в то время как контрольные озера относятся к гидрокарбонатному классу, группа кальция. Удельная электропроводность опытных озер почти в 8 раз превосходит этот показатель для контрольных озер, что говорит о солевом загрязнении озер в пределах месторождения. Все обследованные озера относятся к категории ультрапресных вод, по показателю рН озера относятся к слабокислым.

Валовое содержание железа на территории месторождения выходит за пределы 100 мкг/дм<sup>3</sup>, когда в контрольных озерах его концентрация значительно ниже (50,8 мкг/дм<sup>3</sup>).

Значительные превышения ПДК<sub>рв</sub> по алюминию отмечено в озере 8, по ванадию в озере 7, по марганцу в озере Итулор, озере 3, озере 6 и озере 8, в три раза превышает железо в озере 3 и в два раза в озере 4. Такое превышение может быть связано с антропогенным воздействием, а именно с нефтедобычей на данной территории.

На территории месторождения имеются значительные превышения содержания нефтепродуктов к ПДК<sub>рв</sub>.

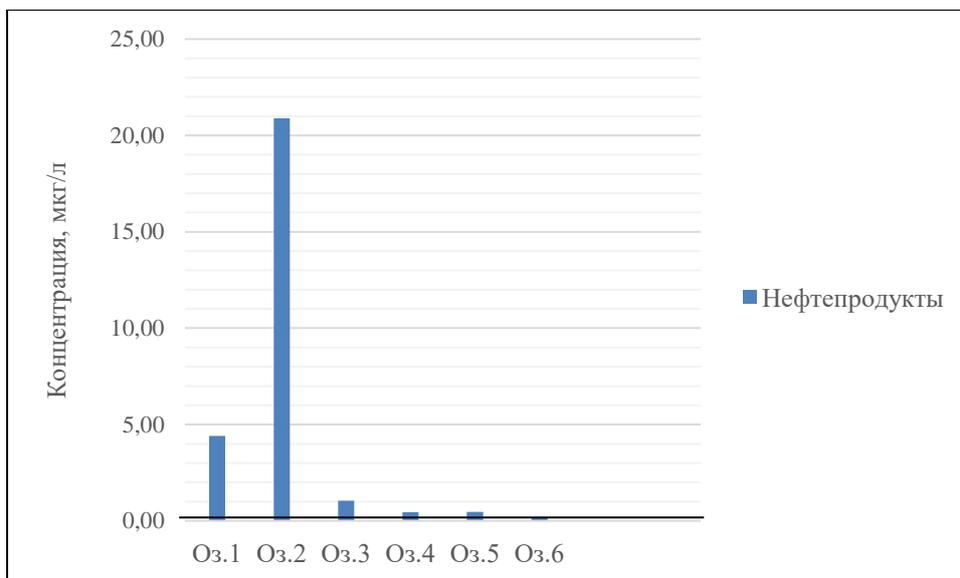
Сравнительный анализ гидрохимических показателей озер с ПДК для рыбохозяйственных водоемов выявил превышение биохимического потребления кислорода в озере 3.

Было выявлено превышение предельно-допустимой концентрации окисляемости перманганатной у 7 из 8 исследуемых озер.

Гидрохимические показатели азота аммонийного ( $\text{NH}_4$ ) превышают ПДК<sub>рз</sub> у 3-ех озер.

Показатели нитритов ( $\text{N}/\text{NO}_2^-$ ), нитратов ( $\text{N}/\text{NO}_3^-$ ), фосфатов ( $\text{PO}_4^-$ ), хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ), сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) и сухого остатка не превышают предельно-допустимые показатели.

Измерения индекса загрязненности показали, что вода в озерах на территории месторождения относится к категориям «чрезвычайно грязные», «грязные» и «загрязненные», за счет высоких концентраций нефтепродуктов; контрольные озера относятся к категории «чистые».



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выпускной квалификационной работы были достигнуты поставленные задачи был проведен анализ изученности геоэкологического состояния озер северотаежной подзоны Западной Сибири, охарактеризованы природные условия района исследования, установлены физико-химические и гидрохимические характеристики озерных вод и донных отложений озер на территории месторождения и контрольных озер и выполнена геоэкологическая оценка состояния изученных озер на основе расчетов индексов загрязнения.

В результате выполненного исследования были составлены следующие заключения и выводы:

1. Озера, находящиеся на территории месторождения относятся к хлоридному классу, группа натрия, контрольные озера относятся к гидрокарбонатному классу, группа кальция;
2. Согласно классификации природных вод по минерализации все обследованные озера относятся к категории ультрапресных вод;
3. По показателю рН озера относятся к слабокислым;
4. Удельная электропроводность опытных озер почти в 8 раз превосходит этот показатель для контрольных озер. Это свидетельствует об устойчивом солевом техногенном загрязнении опытных озер, в первую очередь минерализованными пластовыми водами хлоридно-натриевого состава.
5. ОВП вод контрольных озер почти в два раза выше, чем в опытных, что говорит о высокой самоочищающей способности контрольных озер;

6. Железо на территории месторождения выходит за пределы 100 мкг/дм<sup>3</sup>, когда в контрольных озерах его концентрация составляет 50,8 мкг/дм<sup>3</sup>; Суммарное содержание валовых форм ТМ в опытных озерах почти в 4 раза превышает аналогичный показатель в озерных водах контроля;

7. Корреляционный анализ показал очень высокое достоверное сходство химического состава всех исследованных озер по основным химическим элементам, что позволяет говорить о наличии закономерности распределения содержания тяжелых металлов в поверхностной воде и донных отложениях;

8. Алюминий, ванадий, марганец и железо превышают показатель ПДК<sub>рв</sub>. По нашему мнению, они связаны с антропогенным воздействием, а именно с нефтедобычей на данной территории;

9. На территории месторождения имеются значительные превышения нефтепродуктов к ПДК<sub>рв</sub>. В контрольных озерах превышение концентрации нефтепродуктов по отношению к ПДК не наблюдается;

10. Было выявлено превышение ПДК окисляемости перманганатной у 7 из 8 обследуемых озер. Это говорит о присутствии среди органических веществ (гуминовые кислоты, растительная органика и т.д.) значительной доли железобактерий.

11. Измерения индекса загрязненности показали, что вода в озерах на территории месторождения относится к категориям «чрезвычайно грязные», «грязные» и «загрязненные», за счет высоких концентраций нефтепродуктов; контрольные озера относятся к категории «чистые».

Отбор проб природных вод, проведение измерений на озерах в полевых условиях, статистическая обработка полученных гидрохимических данных, анализ литературных источников, оценка качества вод показали, что обстановка в поверхностной воде озер округа является неблагоприятной. В районах нефтедобычи она оценивается как крайне неблагоприятная. Характерными загрязняющими веществами являются соединения железа, алюминия, цинка, марганца, ванадия и нефтепродуктов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Нормативные правовые акты

1. ГОСТ 31861-2012. Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб;
2. ГОСТ 31865-2012 «Вода. Единица жесткости»;
3. НСАМ № 520-АЭС/МС. Определение элементного состава природных, питьевых, сточных и морских вод атомно-эмиссионным и массспектральным методами с индуктивно-связанной плазмой;
4. ПНД Ф 14.1:2:4.112-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония;
5. ПНД Ф 14.1:2:4.154-99. Количественный химический анализ вод. Методика измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом;
6. ПНД Ф 14.1:2:4.262-10 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера;
7. ПНД Ф 14.1:2:4.3-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса;
8. ПНД Ф 14.1:2:4.4-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой;
9. ПНД Ф 14.1:2:4.5-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, поверхностных и сточных водах методом ИК-спектрометрии;
10. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения"
11. РД 52.24.493-2006. Массовая концентрация гидрокарбонатов и величина щелочности поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Методика выполнения измерений титриметрическим методом;

## Методическая литература

12. Алекин, О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.;
13. Антонова Р.В. Влияние морфометрических показателей озер на трофический статус лимносистем (региональный подход) / Вестник СПбГУ сер.7/2006, вып.2 – С. 111-116;
14. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Т.II «Природа, экология» / Ханты-Мансийск – Москва, 2004;
15. Ахундов Б.Б. оглы, Казанлиева А.А., Особенности разработки нефтяных месторождений на примере Холмогорского месторождения / ТИУ, Академический журнал Западной Сибири, том 13, №2, Тюмень, 2017 – 4с.;
16. Белецкая Р.В. Морфометрические особенности озерных котловин и их влияние на экологическое состояние лимносистем: На примере равнинных озер ледникового происхождения / диссертация к.г.н., Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, 2004. – 183 с.;
17. Богословский Б. Б. Озероведение /-Москва: Изд-во МГУ,1960. – 336 с.;
18. Богословский Б. Б. Основы гидрологии суши: Реки, озера, водохранилища / - Минск: Изд-во Белорус. гос. ун-та, 1974. – 214 с.;
19. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, М.-Почвоведение, 2012. №3, С.368-375;
20. Гашкина Н.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава вод малых озер в современных условиях изменения окружающей среды / Диссертация на соискание ученой степени д.г.н. М., 2014 – 207с.;
21. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области / под ред. проф. Н.А. Гвоздецкого. - Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1973. - 246 с;
22. Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. Тяжелые металлы в донные отложениях озер центральной и юго-западной частей Мурманской области / Вестник Кольского научного центра РАН 3/2016. – С. 73-88;
23. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / БИНОМ, Лаборатория знаний, Москва, 2007 – 270с;
24. Кремлева Т. А., Паничева Л.П., Шавнин А.А. и др. Оценка влияния основных природных и антропогенных факторов на формирование химического состава вод малых озер Западной Сибири статистическими методами / Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 5. С. 7-21.

25. Кремлева Т.А., Южанина А.А., Печкин А.С., Агбальян Е.В. Экологическое состояние и основные факторы формирования химического состава малых озер Надымского района / ТюмГУ, Научный центр изучения Арктики, Вестник ТюмГУ, 2018 – С33-50;
26. Кукушкин С.Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири / Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.г.н. СПбГУ – Санкт-Петербург, 2017 – 25 с.;
27. Манасыпов Р.М. Биогеохимические особенности экосистем термокарстовых озер субарктики Западной Сибири / Диссертация на соискание ученой степени к.б.н. Национальный исследовательский Томский государственный университет – Томск – Тулуза, 2013 – 158 с.;
28. Мирошниченко С.А. Геоинформационные системы производственного экологического мониторинга состояния поверхностных водных объектов на территории разработки нефтяных месторождений / м-лы ежегодной науч. Сессии Горного ин-та УрО РАН по результатам НИР в 2005 г.;
29. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды / Москва: Наука. 2010 – 276с.;
30. Моисеенко Т.И., Дину М.И., Гашкина Н.А., Кремлева Т.А. Формы нахождения металлов в природных водах в зависимости от их химического состава / Водные ресурсы, 2013, том 40, №4 – С. 375-385;
31. Моисеенко Т.И., Соромотин А.В., Шалабодов А.Д. Качество вод и методология нормирования загрязнения / Вестник ТюмГУ №7, 2010 – 15 с.;
32. Московченко Д.В., Убайдулаев А.А. Влияние разливов нефти на загрязнение поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа — Югры / Вестник ТюмГУ. Науки о Земле (№7; №4), 2014 – С. 5-16;
33. Никаноров А.М., Страдомская А.Г., Иваник В.М. Локальный мониторинг загрязнения водных объектов в районах высоких техногенных воздействий топливно-энергетического комплекса, / Серия «Качество вод» – СПб: Гидрометеиздат, 2002.
34. Соромотин А.В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири / монография, изд-во ТюмГУ 2010 – 320 с.;
35. Экология Ханты-Мансийского автономного округа /под. ред Плотникова В.В.- Тюмень: СофтДизайн, 1997.- 288 с.;

## Интернет источники

36. Критерии оценки качества водных экосистем [Электронный ресурс] URL: <http://ekolog.org/> (дата обращения 19.03.2019г.)

37. Ханты-Мансийский Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс] URL: <http://www.ugrameteo.ru>(дата обращения 19.03.2019г.)

38. ЭкоЮнит измерительное оборудование [Электронный ресурс] URL: <https://www.ecounit.ru>(дата обращения 19.03.2019г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты гидрохимического лабораторного анализа

Таблица А.1– Гидрохимические показатели для исследуемых объектов (составлено автором)

Место отбора (точка отбора), номер пробы	Определяемые показатели															
	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	HCO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl, мг/дм <sup>3</sup>	F, мг/дм <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	Калий, мг/дм <sup>3</sup>	Натрий, мг/дм <sup>3</sup>	Магний, мг/дм <sup>3</sup>	Кальций, мг/дм <sup>3</sup>
Итулор	0,7	5,5	0,188	0	0	1,69	11,1	21,9	0	0	70	4,4	0,53	15	2,02	6,06
Кирилл-Выслор	0,5	5,1	0,199	0	0	1,86	6,6	16,9	0	0	77	20,9	0,5	7,8	1,14	3,49
Озеро 3	4,2	9,1	0,4	0,0174	0,299	2,03	4,1	16,5	0	0,013	79	1,05	0,5	7,8	1,26	3,88
Озеро 4	0,7	9	0,52	0	0,161	2,1	7,5	7,6	0	0	47	0,45	0,5	4,32	0,9	2,48
Озеро 5	0,7	6,3	0,33	0	0	2,32	5,6	2,85	0	0,009	62	0,47	0,5	2,14	0,5	1,18
Озеро 6	2,47	12	0,6	0	0	2,39	4,4	3,85	0	0,035	42	0,171	0,5	2,38	0,63	1,65
Озеро 7	0,85	3,1	0,185	0	0	2,09	4,8	1,27	0	0,013	19	0,312	0,5	1,02	0,428	0,95
Озеро 8. Контр.	0,86	10	0,64	0	0	2,22	5,3	1,08	0	0,045	33	0,006	0,5	0,78	0,55	1,4

Таблица А.2– Геохимические показатели донных объектов для исследуемых объектов

Оксид	ПО, % масс.	Месторождение						Контроль	
		Итулор	Кирилл- Выслор	Оз.3	Оз.4	Оз.5	Оз.6	Оз.7	Оз.8
		С, % масс.							
Na <sub>2</sub> O	0,004	0,35	0,027	0,11	0,20	0,17	0,35	0,093	0,11
MgO	0,005	0,10	0,009	0,054	0,11	0,027	0,041	0,019	0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004	2,5	0,28	1,0	2,0	1,3	2,6	1,0	2,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0,006	0,012	0,000	0,00	0,025	0,00	0,0073	0,0059	0,074
Собщ*	0,004	0,016	0,006	0,0065	0,14	0,0041	0,0070	0,011	0,28
K <sub>2</sub> O	0,002	0,97	0,081	0,41	0,63	0,60	1,3	0,47	0,39
CaO	0,005	0,23	0,028	0,13	0,43	0,086	0,12	0,090	0,11
TiO <sub>2</sub>	0,001	0,36	0,016	0,38	0,12	0,23	0,15	0,13	0,19
MnO	0,0002	0,015	0,00047	0,011	0,0084	0,0088	0,0045	0,0052	0,0041
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004	0,64	0,063	0,43	0,65	0,21	0,18	0,14	0,38

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Результаты полевых исследований

Таблица Б.1– Значения физико-химических показателей для рек, измеренных в полевых условиях (составлено автором)

Название озер	Удельная электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	Суммарная минерализация, $\text{mg}/\text{dm}^3$	Окислительно-восстановительный потенциал, $\text{mV}$	pH, ед. pH	Цветность, градусы	Мутность, $\text{mg}/\text{dm}^3$ по каолину
Итулор	84,7	56,3	75	5,25	20	2,08
Кирилл-Выслор	64,0	41,0	144	5,29	20	2,60
Озеро 3	60,3	39,8	125	5,70	70	5,26
Озеро 4	34,7	22,0	113	5,14	60	1,36
Озеро 5	12,7	8,2	115	5,07	35	3,00
Озеро 6	16,7	10,5	225	3,68	100	6,69
Озеро 7	4,7	3,0	184	4,04	15	1,73
Озеро 8	6,7	4,4	247	3,49	100	7,47

ПРИЛОЖЕНИЕ В Результаты элементного состава проб воды и донных отложений

Таблица В.1 - Значения показателей элементного состава проб поверхностной воды  
(составлено автором)

Элемент	ПО, мкг/л	Итулор	Кирилл- Выслор	Оз. 3	Оз. 4	Оз. 5	Оз. 6	Оз. 7	Оз. 8
B	0,743	24,2	22,4	14,8	10,0	9,5	7,8	2,7	2,3
Na	5,715	10783	8258	8589	3834	1745	1884	149	110
Mg	8,238	1509	970	899	846	173	182	115	144
Al	0,733	6,7	6,1	45,3	38,3	30,8	48,9	30,6	68,2
Si	8,670	176	118	212	92,4	101	99,3	33,3	88,9
P	18,544	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0
S	31,925	174	220	332	358	461	473	316	339
K	6,040	261	318	272	216	119	117	83,2	61,4
Ca	4,167	3021	1981	1833	1386	394	390	216	338
Sc	0,140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ti	0,710	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,2	0,0	1,1
V	0,117	0,00	0,0	0,30	0,29	0,36	2,0	0,22	0,52
Cr	0,574	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,033	24,7	1,6	15,6	5,6	7,5	16,7	11,4	17,1
Fe	7,559	53,6	31,1	277	191	35,3	70,9	0	50,8
Co	0,070	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,10
Ni	0,213	0,00	0,0	0,0	0,44	0,29	0,33	0,00	0,00
Cu	0,445	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,472	0,0	2,1	1,7	1,9	0,92	2,4	7,6	2,6
Ga	0,052	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ge	0,052	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,067	0,0	0,13	0,13	0,15	0,24	0,32	0,22	0,31
Se	0,444	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Br	7,692	70,2	52,5	42,9	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	0,065	84,7	116	58,4	17,7	13,1	9,2	2,2	3,5
Ba	0,040	22,3	38,9	20,5	6,5	3,9	7,1	3,4	5,1
Hg*	0,012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb	0,010	0,037	0,027	0,32	0,11	1,6	0,17	0,14	0,46
Li	1,299	1,299	1,584	1,092	0,463	0,467	0,490	0,235	0,197
Be	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,016
Rb	0,611	0,611	0,884	0,785	0,735	0,440	0,455	0,313	0,344
Y	0,031	0,031	0,024	0,132	0,100	0,149	0,190	0,050	0,115
Zr	0,000	0,000	0,016	0,113	0,110	0,062	0,177	0,029	0,080
Nb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,000	0,000	0,009	0,018	0,020	0,021	0,040	0,022	0,000
Ru	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Cd	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,015	0,015	0,018
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,018	0,018	0,021	0,036	0,027	0,112	0,057	0,057	0,054
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cs	0,003	0,003	0,010	0,006	0,003	0,002	0,004	0,002	0,005
La	0,028	0,028	0,019	0,080	0,065	0,083	0,103	0,030	0,086
Ce	0,062	0,062	0,042	0,186	0,153	0,212	0,260	0,073	0,208
Pr	0,007	0,007	0,005	0,023	0,019	0,024	0,030	0,008	0,023
Nd	0,028	0,028	0,021	0,099	0,090	0,106	0,137	0,029	0,097
Sm	0,006	0,006	0,004	0,021	0,018	0,027	0,028	0,006	0,022
Eu	0,000	0,000	0,001	0,006	0,005	0,006	0,006	0,002	0,004
Gd	0,006	0,006	0,004	0,024	0,019	0,026	0,032	0,007	0,021
Tb	0,001	0,001	0,001	0,004	0,003	0,004	0,005	0,001	0,003
Dy	0,005	0,005	0,003	0,023	0,018	0,025	0,033	0,008	0,019
Ho	0,001	0,001	0,001	0,005	0,004	0,005	0,007	0,002	0,004
Er	0,003	0,003	0,002	0,012	0,010	0,015	0,019	0,005	0,009
Tm	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001
Yb	0,003	0,003	0,003	0,013	0,010	0,013	0,017	0,005	0,009
Lu	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001
Hf	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	0,006	0,000	0,002
Ta	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Re	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Os	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ir	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pt	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tl	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002
Bi	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,004
Th	0,000	0,000	0,000	0,009	0,007	0,004	0,018	0,000	0,009
U	0,003	0,003	0,002	0,006	0,008	0,010	0,011	0,002	0,007

Таблица В.2 - Значения показателей элементного состава проб донных отложений  
(составлено автором)

Элемент	ПО, мкг/г	Итулор	Кирилл- Выслор	Оз.3	Оз.4	Оз.5	Оз.6	Оз.8	Оз.7
Li	0,008	4,625	3,393	3,358	3,326	3,547	3,918	3,779	3,493
Be	0,026	0,307	0,060	0,104	0,340	0,151	0,224	0,440	0,113
Sc	0,223	1,742	0,000	1,096	2,001	0,868	0,720	3,069	0,545
V	0,831	17,094	2,618	13,945	15,515	11,512	11,467	18,039	9,600
Cr	0,727	9,282	1,782	5,271	12,104	5,422	4,313	18,682	3,414
Co	0,135	1,562	0,236	0,984	2,354	0,946	0,862	1,312	0,358
Ni	0,847	3,436	1,074	1,427	7,772	2,029	1,409	10,757	0,603
Cu	0,688	3,559	0,000	2,509	3,924	1,806	1,451	7,553	1,337
Zn	0,735	15,990	8,965	17,299	20,810	10,884	15,749	24,785	3,944
Ga	0,039	2,144	0,273	0,930	1,731	1,244	2,099	2,938	0,922
As	0,075	0,000	0,111	0,000	0,637	0,000	0,000	0,424	0,224
Se	0,916	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rb	0,387	24,560	2,152	10,623	17,339	16,556	33,543	14,358	11,289
Sr	0,092	55,983	8,576	24,134	57,930	34,133	56,984	21,527	26,977
Y	0,045	3,933	0,874	2,265	4,218	2,010	2,461	4,606	1,483
Zr	0,035	46,439	12,408	69,254	20,054	25,158	20,594	23,200	14,404
Nb	0,018	3,985	0,270	3,285	1,382	2,613	1,798	2,440	1,888
Mo	0,018	0,140	0,000	0,105	0,170	0,111	0,109	0,276	0,070
Rh	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pd	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000
Cd	0,038	0,000	0,000	0,000	0,088	0,000	0,000	0,187	0,000
Sn*	0,080	0,304	0,108	0,252	0,215	0,191	0,183	0,160	0,187
Sb	0,018	0,207	0,133	0,114	0,125	0,138	0,162	0,103	0,139
Te	0,063	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cs	0,008	0,468	0,096	0,204	0,516	0,258	0,474	1,078	0,197
Ba	0,075	304,474	76,951	154,585	213,851	225,124	384,446	145,884	187,511
La	0,008	5,631	1,084	2,748	5,121	2,946	5,871	7,110	2,036
Ce	0,024	12,305	2,248	6,030	11,461	5,931	12,246	15,515	4,500
Pr	0,006	1,331	0,238	0,703	1,276	0,626	1,343	1,692	0,487
Nd	0,008	5,267	0,840	2,778	5,249	2,471	4,956	6,671	1,890
Sm	0,007	1,083	0,182	0,560	1,077	0,456	0,909	1,284	0,349
Eu	0,009	0,248	0,034	0,133	0,266	0,138	0,209	0,276	0,095
Gd	0,009	0,946	0,161	0,486	0,987	0,386	0,749	1,084	0,325
Tb	0,007	0,131	0,023	0,072	0,134	0,058	0,097	0,165	0,042
Dy	0,009	0,765	0,145	0,412	0,803	0,380	0,520	0,935	0,267
Ho	0,006	0,147	0,033	0,084	0,161	0,075	0,097	0,184	0,055
Er	0,005	0,446	0,101	0,271	0,487	0,259	0,277	0,539	0,183
Tm	0,005	0,065	0,014	0,041	0,067	0,036	0,040	0,076	0,024
Yb	0,009	0,452	0,101	0,307	0,461	0,264	0,285	0,549	0,188
Lu	0,006	0,067	0,016	0,045	0,068	0,041	0,041	0,080	0,031

Hf	0,020	1,427	0,391	1,826	0,556	0,626	0,700	0,693	0,489
Ta	0,016	0,193	0,000	0,171	0,072	0,148	0,118	0,080	0,078
W	0,022	0,242	0,047	0,125	0,152	0,342	0,143	0,301	0,099
Re	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ir	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pt	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Au	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Hg	0,005	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	0,041	0,000
Tl	0,005	0,135	0,020	0,056	0,106	0,090	0,175	0,092	0,060
Pb	0,066	5,797	1,196	3,095	5,362	3,861	5,637	5,231	3,225
Bi	0,008	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,050	0,000
Th	0,010	1,725	0,373	1,184	1,090	0,667	1,511	1,889	0,432
U	0,003	0,455	0,159	0,461	0,368	0,291	0,278	0,716	0,232

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Корреляционные матрицы сходства содержания валовых форм основных ТМ

Таблица Г1 - Корреляционная матрица сходства содержания валовых форм основных ТМ в донных отложениях озер (составлено автором)

	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Hf	Pb	Th
V	1,00	<b>0,81*</b>	<b>0,93*</b>	0,67	<b>0,84*</b>	<b>0,77*</b>	<b>0,85*</b>	0,56	0,55	<b>0,93*</b>	0,58	<b>0,87*</b>	0,46	<b>0,82*</b>	<b>0,84*</b>	<b>0,84*</b>	<b>0,87*</b>	<b>0,88*</b>	<b>0,89*</b>	0,62	<b>0,84*</b>	<b>0,87*</b>
Cr		1,00	<b>0,75*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,84*</b>	<b>0,86*</b>	0,25	0,15	<b>0,92*</b>	0,20	0,49	0,08	<b>0,81*</b>	<b>0,83*</b>	<b>0,82*</b>	<b>0,85*</b>	<b>0,86*</b>	<b>0,86*</b>	0,23	0,63	<b>0,78*</b>
Co			1,00	0,62	<b>0,75*</b>	<b>0,80*</b>	<b>0,83*</b>	0,61	0,63	<b>0,92*</b>	0,61	<b>0,88*</b>	0,52	<b>0,82*</b>	<b>0,83*</b>	<b>0,83*</b>	<b>0,85*</b>	<b>0,88*</b>	<b>0,89*</b>	0,66	<b>0,84*</b>	<b>0,89*</b>
Ni				1,00	<b>0,96*</b>	<b>0,80*</b>	<b>0,79*</b>	0,13	0,00	<b>0,83*</b>	0,05	0,30	-0,05	<b>0,74*</b>	<b>0,76*</b>	<b>0,76*</b>	<b>0,78*</b>	<b>0,78*</b>	<b>0,77*</b>	0,07	0,51	0,70
Cu					1,00	<b>0,84*</b>	<b>0,84*</b>	0,23	0,14	<b>0,92*</b>	0,27	0,53	0,07	<b>0,79*</b>	<b>0,81*</b>	<b>0,82*</b>	<b>0,84*</b>	<b>0,85*</b>	<b>0,85*</b>	0,29	0,62	<b>0,79*</b>
Zn						1,00	<b>0,81*</b>	0,41	0,29	<b>0,86*</b>	0,48	0,52	0,24	<b>0,83*</b>	<b>0,84*</b>	<b>0,85*</b>	<b>0,86*</b>	<b>0,86*</b>	<b>0,85*</b>	0,50	0,65	<b>0,90*</b>
Ga							1,00	0,70	0,60	<b>0,94*</b>	0,19	0,57	0,57	<b>0,98*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,97*</b>	0,26	<b>0,92*</b>	<b>0,91*</b>
Rb								1,00	<b>0,96*</b>	0,53	0,21	0,52	<b>0,98*</b>	<b>0,74*</b>	<b>0,72*</b>	<b>0,72*</b>	0,69	0,67	0,66	0,29	<b>0,89*</b>	0,67
Sr									1,00	0,49	0,31	0,63	<b>0,98*</b>	0,63	0,61	0,61	0,59	0,59	0,59	0,40	<b>0,85*</b>	0,59
Y										1,00	0,39	<b>0,71*</b>	0,40	<b>0,92*</b>	<b>0,94*</b>	<b>0,94*</b>	<b>0,95*</b>	<b>0,97*</b>	<b>0,98*</b>	0,45	<b>0,84*</b>	<b>0,93*</b>
Zr											1,00	<b>0,80*</b>	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27	0,32	0,34	<b>0,99*</b>	0,31	0,46
Nb												1,00	0,51	0,54	0,56	0,56	0,59	0,62	0,65	<b>0,82*</b>	<b>0,71*</b>	0,65
Ba													1,00	0,60	0,58	0,58	0,56	0,53	0,53	0,29	<b>0,82*</b>	0,53
La														1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,98*</b>	0,28	<b>0,92*</b>	<b>0,95*</b>
Ce															1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>	0,30	<b>0,91*</b>	<b>0,96*</b>
Pr																1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	0,33	<b>0,91*</b>	<b>0,96*</b>
Nd																	1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	0,35	<b>0,91*</b>	<b>0,97*</b>
Sm																		1,00	<b>0,99*</b>	0,39	<b>0,90*</b>	<b>0,98*</b>
Gd																			1,00	0,41	<b>0,90*</b>	<b>0,97*</b>
Hf																				1,00	0,39	0,53
Pb																					1,00	<b>0,86*</b>
Th																						1,00

Примечание: \* - P<0,05

Таблица Г2 - Корреляционная матрица сходства содержания валовых форм основных ТМ в озерных водах (составлено автором)

ТМ	V	Mn	Fe	Ni	Zn	Sr	Ba	Pb	Rb	Y	Zr	Mo	Cd	Sb	La	Ce	Pr	Nd
V	1,00	0,23	-0,02	0,48	0,04	-0,48	-0,40	0,00	-0,36	<b>0,78*</b>	<b>0,82*</b>	<b>0,73*</b>	0,48	0,27	<b>0,71*</b>	<b>0,74*</b>	<b>0,73*</b>	<b>0,73*</b>
Mn		1,00	0,04	-0,32	-0,19	-0,08	-0,16	-0,19	-0,35	0,11	0,06	-0,22	0,39	-0,14	0,18	0,16	0,15	0,11
Fe			1,00	0,19	-0,31	0,07	0,08	-0,15	0,55	0,32	0,50	0,12	0,05	-0,31	0,35	0,29	0,38	0,39
Ni				1,00	-0,22	-0,46	-0,48	0,28	-0,02	0,58	0,61	0,63	-0,30	0,32	0,51	0,53	0,56	0,62
Zn					1,00	-0,43	-0,35	-0,23	-0,47	-0,17	-0,07	0,28	0,55	0,11	-0,22	-0,20	-0,23	-0,25
Sr						1,00	<b>0,98*</b>	-0,36	<b>0,79*</b>	-0,61	-0,51	-0,45	-0,53	-0,62	-0,63	-0,65	-0,61	-0,60
Ba							1,00	-0,41	<b>0,80*</b>	-0,56	-0,42	-0,39	-0,41	-0,63	-0,58	-0,60	-0,56	-0,55
Pb								1,00	-0,35	0,47	0,04	0,12	-0,16	<b>0,90*</b>	0,44	0,47	0,42	0,42
Rb									1,00	-0,30	-0,08	-0,16	-0,55	-0,63	-0,32	-0,36	-0,27	-0,24
Y										1,00	<b>0,89*</b>	0,65	0,38	0,57	<b>0,97*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,98*</b>	<b>0,98*</b>
Zr											1,00	0,70	0,44	0,19	<b>0,86*</b>	<b>0,86*</b>	<b>0,89*</b>	<b>0,90*</b>
Mo												1,00	0,20	0,38	0,47	0,51	0,52	0,55
Cd													1,00	0,13	0,44	0,43	0,40	0,35
Sb														1,00	0,52	0,56	0,50	0,49
La															1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>
Ce																1,00	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>
Pr																	1,00	<b>0,99*</b>
Nd																		1,00

Примечание: \* - P<0,05

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д Дендрограмма кластерного анализа

Рисунок Д1 - Дендрограмма кластерного анализа содержания ТМ в донных отложениях исследуемых озер. Длина связи элементов (LinkageDistance) от 0 до 600. (составлено автором)

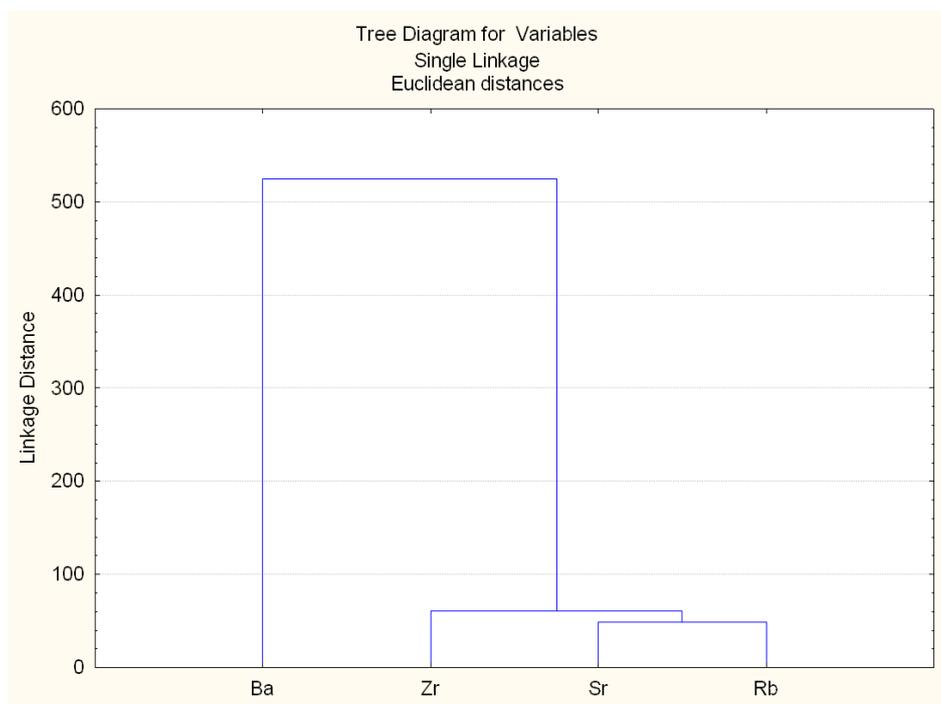


Рисунок Д2 - Дендрограмма кластерного анализа содержания ТМ в донных отложениях исследуемых озер. Длина связи элементов (LinkageDistance) от 0 до 14. (составлено автором)

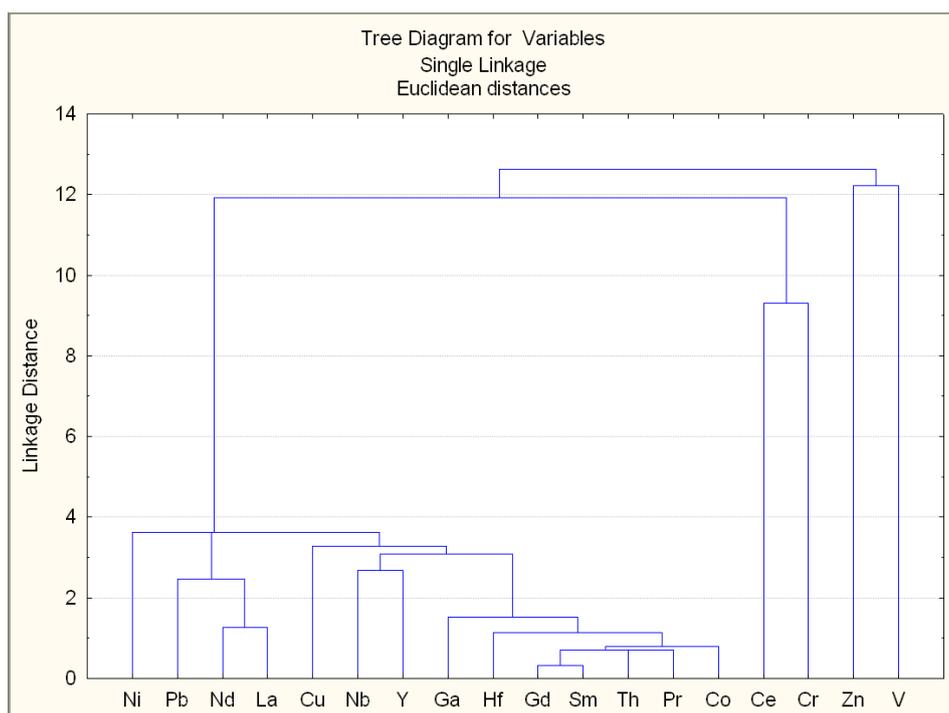


Рисунок Д3 - Дендрограмма кластерного анализа содержания ТМ в озерных водах.  
 Длина связи элементов (LinkageDistance) от 0 до 350. (составлено автором)

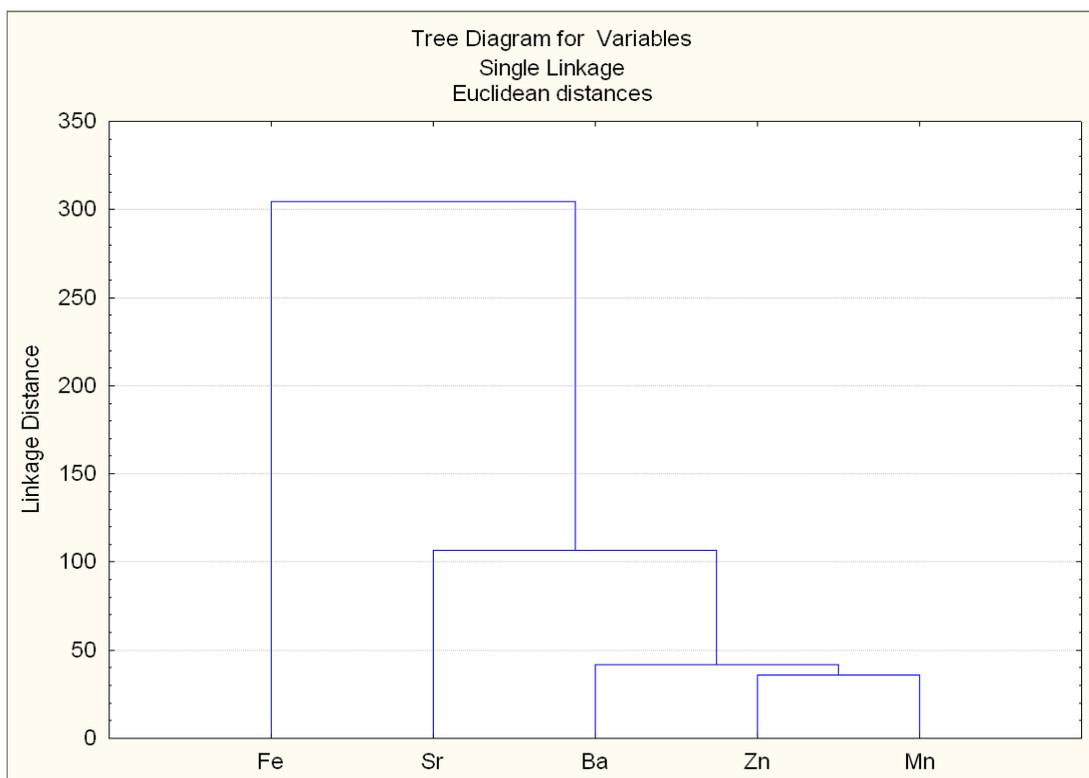
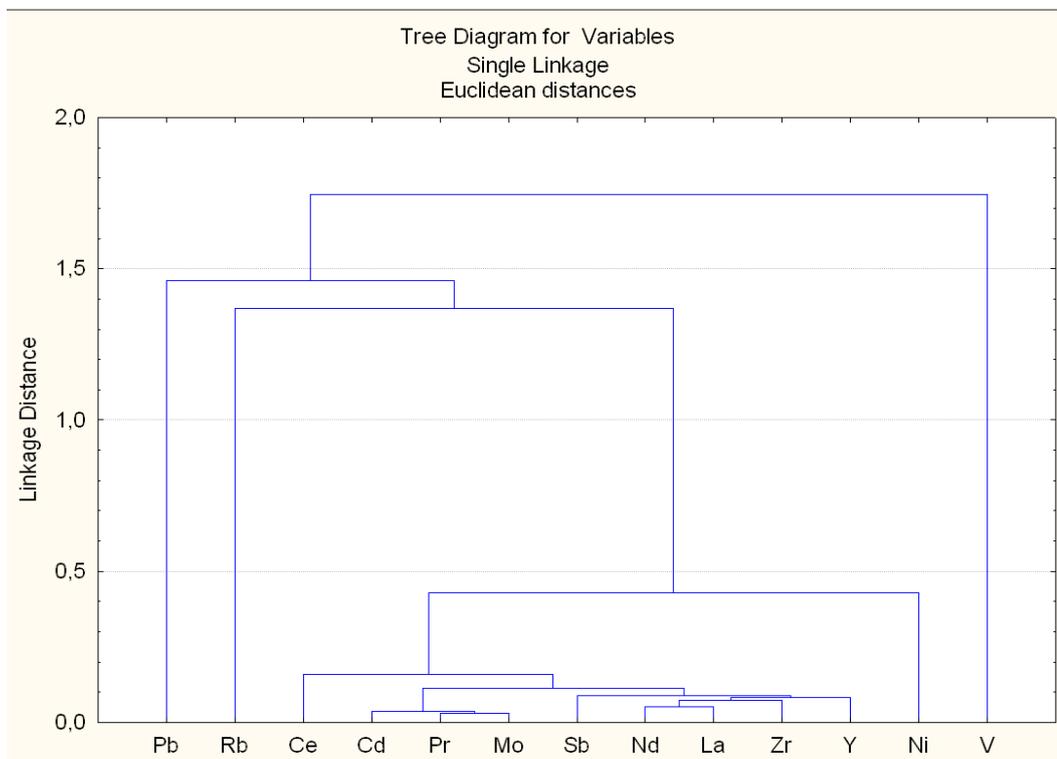


Рисунок Д4 - Дендрограмма кластерного анализа содержания ТМ в озерных водах.  
 Длина связи элементов (LinkageDistance) от 0 до 2. (составлено автором)



ПРИЛОЖЕНИЕ Е Фотографии исследуемых озер



Рисунок Е.1 – Озеро Итулор. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.2 - Рисунок Г.1 – Озеро Итулор. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.3 – Озеро Кирилл-Выслор. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.4 – Озеро Кирилл-Выслор. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.5 – Озеро 3. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.6 – Озеро 3. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.7 – Озеро 4. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.8 – Озеро 4. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.9 – Озеро 5. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.10 – Озеро 6. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.11 – Озеро 6. Территория нефтедобычи (фото автора)



Рисунок Е.12 –Контрольное озеро 7(фото автора)



Рисунок Е.13 –Контрольное озеро 7(фото автора)



Рисунок Е.14 –Контрольное озеро 7(фото автора)



Рисунок Е.15 –Контрольное озеро 8(фото автора)



Рисунок Е.15 –Контрольное озеро 8(фото автора)

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них. Материалов, содержащих информацию ограниченного доступа, не содержится.

Отпечатано в \_\_\_\_\_ экземпляре

Библиография содержит \_\_\_\_\_ наименований

На кафедру сдан \_\_\_\_\_ экземпляр

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_  
(дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О)