


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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
25 июля 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОЛУБЫХ ОЗЕР НАДЫМ-ПУРСКОГО
МЕЖДУРЕЧЬЯ

05.04.06 Экология и природопользование

Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнила работу
студентка 2 курса
очной формы обучения


(Подпись)

Кормильцева
Анна
Андреевна

Научный руководитель
доктор биол.наук,
профессор


(Подпись)

Соромотин
Андрей
Владимирович

Рецензент
руководитель
Управления Федеральной службы
по надзору в сфере
природопользования
Тюменской области


(Подпись)

Мартынчук
Мария
Ивановна

г. Тюмень, 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во введении раскрывается актуальность исследования по выбранной теме, ставится цель и задачи, определяются объект, предмет исследования, формулируются защищаемые положения, указывается методическая база исследования, его практическая значимость. В частности, показано, что данная тема актуальна, так как данный регион является крупным нефтегазовым регионом Российской Федерации. Кроме того, в настоящее время озера севера Западной Сибири изучены крайне слабо, отсутствует единая общепринятая классификация, имеются единичные публикации по гидрохимическому составу озерных вод. Формы озерных котловин с применением современных инструментальных замеров вообще не изучались.

В первой главе рассмотрены природные и техногенные условия территории исследования, которые оказывают влияние на формирование озерных котловин и качества вод Ямало-Ненецкого автономного округа.

Обзору литературных источников по теме, а также основным классификациям озер посвящена 2 глава.

В третьей главе указаны изучаемые объекты и методы исследования данных объектов.

В четвертой главе выявлены основные особенности голубых озер Надым-Пурского междуречья территории ЯНАО исходя из рассчитанных морфометрических показателей и проанализированного гидрохимического режима.

Полученные в работе данные могут быть использованы для научных и природоохранных целей, так как сохранение уникальных природных объектов необходимо для обеспечения естественного функционирования.

В заключении даны основные выводы по выпускной квалифицированной работе (магистерской диссертации). Работа представлена на 63 листах. При написании работы использовались: таблицы – 37 шт., приложения – 8 шт., список литературных источников – 50 шт (нормативно-правовых документов – 8, литературных источников -39, интернет источников - 9), приложения (8).

Ключевые слова: голубые озера, Надым-Пурское междуречье, гидрохимические характеристики, морфометрические показатели.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОЗЕРНЫХ ВОД ЯМАЛО- НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА.....	5
1.1 Географическое положение.....	6
1.2 Геология, рельеф и многолетняя мерзлота.....	6
1.3 Климатическая характеристика.....	7
1.4 Гидрографическая характеристика.....	8
1.5 Почвенно-растительный покров.....	9
1.6 Техногенные условия.....	10
Выводы.....	11
ГЛАВА 2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОЗЕР ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА	12
Выводы.....	17
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	18
3.1 Объекты исследований.....	18
3.2 Методы исследований.....	22
Выводы.....	26
ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ГОЛУБЫХ ОЗЕР.....	27
4.1 Морфометрические показатели озер.....	27
4.2 Гидрохимический режим озер.....	37
Выводы.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А Картограмма озерных районов Западно-Сибирской равнины.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Водосборная площадь озера Голубое 1.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В Водосборная площадь озера Голубое 2.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Водосборная площадь озера Голубое 3.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Водосборная площадь озера «Старица».....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Водосборная площадь Озеро 1.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Водосборная площадь Озеро 2.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ И Гидрохимические показатели озерных вод и осадков.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Территория Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) является крупным нефтегазовым регионом Российской Федерации. Это приводит к активному освоению не только минеральных, но и водных, растительных, земельных и прочих ресурсов. Под воздействием объектов инфраструктуры месторождений и магистральных нефтегазопроводов попадают значительные территории, на которых могут располагаться уникальные природные объекты. Выявление и изучение природных феноменов является важнейшей как научной, так и природоохранной задачей. Озера севера Западной Сибири в настоящее время изучены крайне слабо, отсутствует единая общепринятая классификация, имеются единичные публикации по гидрохимическому составу озерных вод. Формы озерных котловин с применением современных инструментальных замеров вообще не изучались.

Цель – выявить отличительные особенности голубых озер Надым-Пурского междуречья территории Ямало-Ненецкого автономного округа по их морфометрическим и гидрохимическим характеристикам.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить природные и техногенные факторы формирования озерных котловин и качества озерных вод ЯНАО.
2. Рассмотреть классификации озер ЯНАО по происхождению, морфометрическим и гидрохимическим показателям.
3. Изучить морфометрические показатели и гидрохимический состав вод голубых озер Надым-Пурского междуречья.
4. Установить отличительные особенности изученных голубых озер.

Объект исследования: голубые озера Надым-Пурского междуречья, расположенные в районе г. Надым.

Предмет исследования: морфометрические и гидрохимические особенности голубых озер.

Область исследования: согласно паспорту специальности ВАК 25.00.36 Геоэкология, областью исследования является:

- 1.11. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем.
- 1.12. Геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля.

В ходе написания работы использованы следующие **методы исследования**: метод анализа и обобщения литературных и интернет – источников, расчетные методы,

графических и картографических построений, методы математической статистики, химико-аналитические методы.

Материалы, положенные в основу исследования – данные, полученные в ходе полевых исследований, а также ранее опубликованные работы по территории ЯНАО.

Практическая значимость: изучаемые природные объекты имеют уникальное научное, историческое, экологическое значение, которые нуждаются в особой охране. Данная работа может быть рекомендована для природоохранных целей, а также для создания статуса «Памятник природы».

Личный вклад автора: принимала участие в сборе материала и проведении полевых и камеральных исследований. Автором самостоятельно проведен большой объем анализа и обработки материалов.

Научная новизна работы:

1. Впервые установлены основные морфометрические характеристики для голубых озер по результатам полевых исследований с использованием уникального автоматического батиметрического комплекса.
2. Впервые проведено сравнение голубых озер с рядом расположенными озерами с выявлением отличительных особенностей по морфометрическим и гидрохимическим характеристикам.

Положения, выносимые на защиту:

1. Комплекс морфометрических и гидрохимических показателей позволяют говорить об уникальности этих объектов, значительно выделяющихся по сравнению с рядом расположенными озерами.
2. Голубые озера по генезису озерных котловин не являются термокарстовыми.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 2 работы:

- 1) Переладова Л. В. Особенности морфологии и гидрологического режима озер территории Ямало-Ненецкого автономного округа / Л. В. Переладова, А. А. Кормильцева // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. - 2017. - № 1. - С. 35-46.
- 2) Соромотин А.В. Морфометрические характеристики и гидрохимические особенности голубых озер Надым-Пуровского междуречья/ А.В.Соромотин [и др.] // Научный вестник ЯНАО. Экология Ямало-Ненецкого автономного округа. –2017. - № 3 (96). – С. 42-46.

ГЛАВА 1 ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОЗЕРНЫХ ВОД ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

1.1 Географическое положение

Район исследования расположен в Надым-Пурском междуречье Ямало-Ненецкого автономного округа. В географическом плане исследуемая территория расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины (рисунок 1.1).

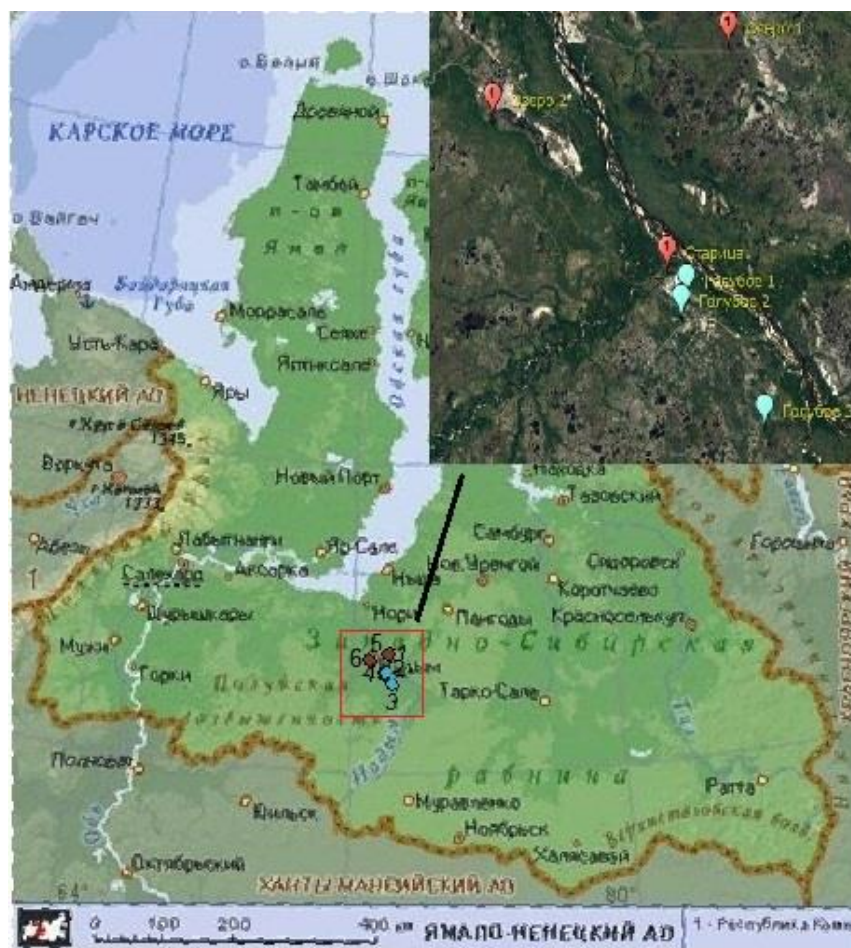


Рисунок 1.1 - Изученные озера Надым-Пурского междуречья ЯНАО [50]

1.2 Геология, рельеф и многолетняя мерзлота

Район местонахождения исследуемых озер расположен в северной части Западно-Сибирской плиты и приурочен к региональной структуре – Надымской мегавпадине. Это область развития тектонических элементов: Западно-Ярудейской мегавпадины, Ярудейского мегавала и Надымской мегавпадины. В геологическом разрезе территории района исследований выделяются три структурных этажа: нерасчлененный протерозойско-палеозойский складчатый фундамент, триасовый этаж и мезозойско-кайнозойский

осадочный чехол. Фундамент представлен магматическими и метаморфическими породами предположительно палеозойского возраста. Триасовый этаж представлен породами коры выветривания, частично переотложенными. Осадочный чехол, несогласно перекрывающий доюрские отложения, сложен толщей континентальных, морских и прибрежно-морских отложений юрского, мелового, палеогенового и четвертичного возрастов [18].

Изучаемые озера расположены в пределах Надымской низменности. Все изучаемые озера кроме Озеро 2, расположены на третьей надпойменной террасе с относительной высотой 30-40 м, которая сложена озерно-аллювиальными верхнеплейстоценовыми отложениями, представленными алевросупесями, суглинками, алевритами, глинами и песками. Озеро 2, расположено на четвертой надпойменной террасе с относительными отметками 50-80 м, сложенной озерно-аллювиальными верхнеплейстоценовыми отложениями, представленными супесями, суглинками, песками, местами с линзами гравия и гальки [6].

В центральной части равнины широко распространены современные биогенные отложения (торф мощностью до 5 м). Из современных экзогенных геологических процессов наиболее широко развиты криогенные (преимущественно многолетнее пучение (миграционные бугры) и термокарст (озера, хасыреи)) и заболачивание, меньше распространены эрозия и эоловые процессы [6, 19].

В пределах северной тайги массивы и острова многолетнемерзлых пород встречаются в торфяниках, темнохвойных и еловых лесах с мощными моховыми покровами на пологоувалистых равнинах, сложенных суглинистыми отложениями. В южном направлении, острова мерзлоты образуются только на торфяниках (мощностью не менее 0,5-1 м). Для междуречий рек рассматриваемого района характерны талые породы с островами и перелетками (площадью менее 20%), мощностью 0-15 м в органических породах, а также прерывистое распространение многолетнемерзлых пород (площадью 50-80%), мощностью 100-200 м в органических породах [6].

1.3 Климатическая характеристика

Климат территории исследованных озер - субарктический континентальный, который характеризуется продолжительной зимой (26 недель в тайге) с длительным залеганием снежного покрова (220 дней), коротким и холодным летом, поздними весенними и ранними осенними заморозками [6].

Годовой приход суммарной солнечной радиации приблизительно составляет 3100-3200 МДж/м². В январе среднее атмосферное давление на уровне моря изменяется от 1016 до 1017 гПа, в июле 1009-1008 гПа [6].

Зимой на территории преобладают южные и юго-западные ветра (повторяемость ветров составляет 40-65%), а летом - северные ветра (повторяемость ветров 58-63%). Малыми среднегодовыми скоростями отличаются таежные районы (Толька – 2,5 м/с). Наименьшие скорости ветра в таежной зоне – летом и в середине зимы (декабрь-февраль) [6].

Средняя годовая температура воздуха равна – 6,6 °С. В среднем многолетнем разрезе низкая температура отмечается в январе -23,6 °С. Самый теплый месяц – июль, средняя температура июля составляет 14,7 °С. В сентябре положительные среднемесячные температуры сохраняются и составляют 5,5 °С [6].

В районе г.Надым количество осадков составляет 400 – 450 мм, продолжительность залегания снежного покрова составляет 220 дней в году; плотность снежного покрова от 190-240 кг/м³. Максимальная высота снежного покрова в различных ландшафтах изменяется от 0,1-15 м. в поймах и озерных котловинах при наличии кустарниковой растительности – до 60-100 см [6].

1.4 Гидрографическая характеристика

Гидрографическая сеть данного района представлена реками Надым и Хейгияха, озерами, болотами.

Река Надым берет начало из оз. Нумто в Белоярском районе ХМАО, на возвышенности Сибирские Увалы. Длина реки составляет 545 км, площадь водосбора 64,0 тыс. км². Озерность речного бассейна составляет 8,7% [30].

В питании реки главную роль играют талые снеговые воды (54%). Половодье характеризуется относительно высоким и быстрым подъемом уровня и сравнительно медленным спадом. Начинается половодье во второй половине апреля и завершается в низовьях реки в июле – первой декаде августа. Средняя продолжительность половодья 60- 70 дней. Средний многолетний годовой расход воды у г. Надыма около 450 м³/с, в устье реки около 600 м³/с. Осенний ледоход длится у г. Надыма, в среднем 7 дней, после чего река замерзает. Это происходит в среднем 16 – 17 октября. Средняя продолжительность ледостава составляет 225 – 230 дней. Средняя толщина льда наблюдается в марте – апреле и составляет 90 см. Минерализация воды р. Надым в половодье она обычно составляет 30 – 60 мг/л, а в межень в 2 – 4 раза выше. Вода гидрокарбонатная, обычно слабокислая (рН 6,4-6,9) [30].

Хейгияха (Лонгъеган) — река на западе центральной части Надымского района, левый приток р. Надым, впадает в него на 131-м км от устья, в 25 км юго-восточнее г. Надыма. Образуется слиянием рек Большой Лонгъеган и Малый Лонгъеган. Длина 243 км, от истока р. Большой Лонгъеган - 350 км, площадь водосбора 7910 км² [30].

В питании реки основную роль играют талые снеговые воды. Половодье начинается в третьей декаде апреля - мае, в среднем 10 - 15 мая, достигает пика обычно через две недели и заканчивается в июне – июле. Средний многолетний годовой расход воды в устье - свыше 70 куб. м/с. Объем годового стока реки 2,3 куб. км. Замерзает река в октябре, в среднем 11 - 19 числа, вскрывается во второй половине мая - первой декаде июня, в среднем в середине треть-1 ей декады мая. Замерзание и вскрытие сопровождается ледоходом. Средняя продолжительность ледостава около 220 дней. Минерализация воды в половодье 40 - 50 мг/л, в межень - 100 - 150 мг/л. По химическому составу вода гидрокарбонатная, слабокислая (рН = 6,2 - 6,8) [30].

Согласно картограмме озерных районов Западно-Сибирской равнины данный район характеризуется повышенной заозеренностью - 4,0% (приложение А) [38].

На исследуемой территории формируются озера термокарстовые, вторичные (внутриболотные), ледниковые и гидрогенные (водно – эрозионно - аккумулятивные, речные). Однако, наибольшее распространение имеют термокарстовые озера [20].

Средняя заболоченность территории равна 40%, исследуемый район представлен плоскобугристыми болотами в сочетании с крупнобугристыми [13].

Жидкая вода в подземных горизонтах может находиться только вблизи поверхности земли в зоне сезонного протаивания (0,2-3,5 м). Здесь расположены надмерзлотные воды. В долинах рек, под озерами, в местах накопления мощного снежного покрова среди многолетнемерзлых пород находятся талые грунтовые толщи, которые являются источниками питания рек и озер [13].

1.5 Почвенно-растительный покров

Состав почвообразующих пород и почв водосбора оказывает влияние на химический состав озерных вод. Выщелачивание подстилающих пород является основным источником поступления элементов в водные объекты [23, 33].

Согласно почвенно-географическому районированию район относится к Нижнеобской провинции фации холодных, длительно промерзающих почв подзоны

глееподзолистых почв и подзолов северной тайги Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной области бореального пояса [15].

На приречных дренированных участках, сложенных песчаными и супесчаными почвообразующими породами вдоль рек таежной зоны почвенный покров представлен подзолами иллювиально-железисто-гумусовыми и иллювиально-гумусовыми. В плакорных условиях на плоских элементах рельефа под лиственнично-еловым редколесьем с кустарничковым покровом на суглинистых и глинистых почвообразующих породах развиваются таежные глее-мерзлотные почвы (криоземы глеевые). Данные почвы с болотными мерзлотными почвами встречаются большими площадями на водоразделах крупных рек и их притоков. Аллювиальные дерновые кислые и слабокислые почвы формируются на возвышенных элементах рельефа поймы, на аллювии легкого механического состава, чаще всего располагаются в прирусловой части поймы и по гривам центральной поймы. Аллювиальные дерновые – формируются на аллювии различного механического состава. Аллювиальные луговые кислые и слабокислые почвы характерны для межгривных понижений прирусловой поймы, плоских равнинных участков и пологих склонов грив центральной поймы с залеганием грунтовых вод (1-2 м). Формируются данные почвы на суглинистом и глинистом аллювии [6].

В северной части подзоны северной тайги (нижнее течение Пура, Таза, Надыма) господствуют редкостойные лиственничные, лиственнично-еловые и лиственнично-сосновые леса. Господствуют крупнобугристые торфяники, моховые и пушицевые болота. В южных частях северной тайги (в верховьях Полуя, Надыма, Пура и Таза) более типичны лиственнично-елово-кедровые леса. Леса занимают 26% территории. Остальную площадь покрывают кустарничково-лишайниково-сфагновые, сфагново-кустарничковые и осоково-гипновые болота [7].

1.6 Техногенные условия

На территории района проходят основные потоки газа на Урал и в центральные районы России, в Восточную и Западную Европу [44].

Основными технологическими объектами, оказывающими влияние на гидрологический режим и химический состав поверхностных вод территории исследования, являются линейные сооружения (газопроводы, линии электропередач, автодороги), а также населенные пункты, вахтовые поселки и производственные объекты (компрессорные станции и пр.).

Линейные сооружения (дороги, трубопроводы), под которыми верхний слой торфяной залежи более уплотнен, чем на прилегающих участках болот, являются препятствием для движения поверхностных и фильтрационных вод. Этому способствует глубокое промерзание торфяной залежи под дорогами и уменьшение коэффициента фильтрации в связи с уплотнением. В результате этого на участках болот, примыкающих к дорогам или трубопроводам, появляются зоны подтопления. Расширение зоны нарушения ненарушенных природных геосистем связано с влиянием подтопления и развития термокарста и заболачивания.

При прокладке газопровода, линии электропередач производится вырубка леса. При интенсивных рубках леса происходит смена пород, меняются возраст насаждений и продуктивность лесов, кроме того, это приводит к заболачиванию лесных земель [19, 41].

Компрессорные станции поставляют в атмосферу большое количество оксидов азота и углерода, которые поступают от двигателей внутреннего сгорания. В связи с использованием транспортных средств, работающих на этилированном бензине и дизельном топливе в атмосферу, выделяются: углеводороды бензина, сажи, свинца и его соединений. Попадая в атмосферу, загрязняющие вещества подхватываются воздушным потоком, переносятся на большие расстояния, участвуют в различных физических процессах и химических трансформациях.

Основными антропогенными процессами загрязнения водных объектов являются стоки с промышленно-урбанизированных территорий, а также выпадение с атмосферными осадками продуктов антропогенной деятельности. Площадки размещения очистных сооружений являются источником загрязнения поверхностных и грунтовых вод промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками из-за возможных утечек из технологических коммуникаций. При разложении бытовых отходов в воды попадает большое количество сульфатов и хлора, увеличивается содержание азотных и сернистых соединений, меняется рН воды (от 8,2 до 4,2), увеличивается минерализация, изменяется ионный состав вод [13].

Выводы

Факторы, формирующие гидрохимический состав поверхностных вод суши принято делить на природные и техногенные. Под природными факторами мы понимаем факторы, вызываемые естественными природными явлениями, не связанные с деятельностью человека. Природные факторы играют важную роль, а именно: определяют генезис озерных котловин, гидрологический режим и гидрохимический состав вод.

В условиях избыточно увлажненного климата, большого количества и разнообразия по происхождению озерных котловин на территории исследования сформировалось множество озер. На территории округа наибольшее распространение имеют термокарстовые котловины, образовавшиеся в результате протаивания многолетнемерзлых пород и последующей просадки грунта.

Элементы гидрографической сети оказывают влияние на гидрологический режим, а именно сезонные колебания уровня озер во многом обусловлены особенностями водного режима других водных объектов и подземных вод. Кроме того, от степени влагоемкости почвы возможно изменение объема стока.

На гидрохимический состав вод оказывает существенное влияние состав почвообразующих пород водосбора и почв водосбора, атмосферные осадки, а также отмершие растительные сообщества

Для изучаемой территории весьма значимыми являются техногенные факторы, формирующие качество естественных водных объектов. Стоки с промышленно-урбанизированных территорий, а также выпадение с атмосферными осадками продуктов антропогенной деятельности все это приводит к изменению гидрохимического состава озерных вод, а затем и гидробиологическому.

Создаваемые линейные сооружения являются препятствием для движения поверхностных и фильтрационных вод, в связи с этим связано изменение гидрологического режима озер.

В результате антропогенного воздействия нарушается состояние геологической среды, которое приводит к образованию новых озерных котловин.

ГЛАВА 2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОЗЕР ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Озером называется естественный водоем суши с замедленным водообменом [32].
Озерной котловиной называется углубление поверхности суши, не имеющее одностороннего уклона, заполненное до некоторого уровня водой [9].

В зависимости от движущей силы возникновения озерной котловины, М.В. Первухиным (1937) разработана генетическая классификация (таблица 2.1) [34].

Таблица 2.1 - Генетическая классификация озерных котловин

Типы озерных котловин	Краткая характеристика
Тектонические	Распространены в областях крупных тектонических преобразований земной коры и связаны с такими формами рельефа, как трещины, сбросы, грабены
Вулканические	Представляют собой кратеры потухших вулканов или лежат среди лавовых полей
Ледниковые	а) Эрозионные, выпаханные ледниками углубления на крупных кристаллических массивах; б) Аккумулятивные, располагаются среди моренных отложений областей древнего оледенения
Гидрогенные	Образуются в результате эрозионной и аккумулятивной деятельности речных или морских вод
Просадочные	Возникают при просадках грунта в результате действия подземных вод (карстовые, суффозионные) или таяния погребенного льда (термокарстовые)
Завальные	Возникают в результате перегораживания речной долины обвалами и оползнями
Вторичные	Образуются на месте заросших более крупных озер или на болотах
Эоловые	Образованные действием ветра

Источник: [34]

По величинам площадей водной поверхности озер разработал классификацию В.П. Иванов (1948) (таблица 2.2) [16, 34].

Таблица 2.2 - Классификация озер по площади водной поверхности

Класс озера	Площадь зеркала, км ²
Озерки	0,001-0,01 и 0,02-0,1
Очень малые	0,1—1,0

Малые	1,0-10
Средние	10,1-100
Большие	100,1-1000
Очень большие	1000,1-10 000
Великие озера мира	10 000,0-100 000

Источник: [16, 34]

С.П. Китаев (1984) классифицировал озера на 5 групп по средней глубине и на 6 групп по максимальной глубине (таблица 2.3) [17, 34].

Таблица 2.3- Классификация озер по средней и максимальной глубинах

По максимальной глубине:	По средней глубине:
С очень малой (меньше 3,12 м)	Очень малые (меньше 2 м) Малые (2—4 м) Средние (4—8 м) Большие (8-16 м) Очень большие (больше 16 м)
С малой (3,12-6,25 м)	
Со средней (6,25-12,5 м)	
С повышенной (12,5-25 м)	
С большой (25-50 м)	
С очень большой (более 50 м)	

Источник: [17, 34]

Соотношение средней и максимальной глубин (С1), учитывают, на сколько котловина конкретного озера близка по форме к одной из геометрических фигур. В соответствии с показателями выделяются следующие формы: цилиндр (С1-1,0); полуэллипсоид (С1-2/3); параболоид (С1-1/2); конус (С1- 1/3) [35].

Показатель удлиненности ($K_{удл.} = \frac{L}{B_{ср}}$) - это отношение длины водоема к его средней ширине. Показатель удлиненности дает представление о форме озера в плане [9,35]. С.В. Григорьев (1959) классифицировал озера по показателю удлиненности (таблица 2.4) [14].

Таблица 2.4 - Классификация озер по показателю удлиненности

Форма озера	Показатель удлиненности, $K_{удл}$
Близкие к окружности	1,5-3,0
Близкие к овалу	3,0-5,0
Овально- удлиненные	5,0-7,0
Удлиненные	7,0-10,0
Вытянутые в виде “борозды”	Более 10,0

Источник: [14]

В статье В.И. Кравцовой (2009) представлена первая карта распространения термокарстовых озер в России, составленная в масштабе 1: 8 000 000 путем анализа космических снимков с интернет портала Google Earth. Автор подчеркивает, что

наибольшую площадь термокарстовые озера занимают в зонах тундр и лесотундр субарктического пояса. Также термокарстовые озера широко представлены в северотаежных лесах умеренного пояса – на севере Восточно-Европейской равнины и на значительной части Западно-Сибирской равнины [20].

К индикаторам долговременной динамики термокарста В.И. Кравцова относит "голубые" озера, которые на снимках выделяются ярко-голубым цветом. Значительные по площади участки с голубыми озерами встречаются на Ямале, Гыдане, в Таз-Пуровском бассейне, небольшие участки и отдельные голубые озера характерны для верхних приводораздельных частей северного и южного склонов Сибирских Увалов, а также районов термокарстовых озер за пределами зоны ММП на левобережье Иртыша [20].

По мнению ряда исследователей голубой цвет озерной воды вызван химическим составом (в том числе повышенным содержанием метана), а также с донными отложениями исключительно песчаного состава.

В.И. Кравцова рассматривает голубые озера (которые из-за мелководности могут быть спущены очень быстро), как потенциальные термокарстовые котловины – аласы или хасыреи [20].

Существуют также, гидрохимические классификации озер. Например, И.В. Баранов (1961) классифицирует пресноводные водоемы по сумме ионов (таблица 2.5) [8, 34].

Таблица 2.5 - Классификация озер по сумме ионов

Группа водоемов	Минерализация, мг/л
Ультрапресные	<100
Маломинерализованные	100-200
Среднеминерализованные	200-500
С повышенной минерализацией	500-1000

Источник: [8, 34]

Классификацию на принципе деления вод по количественному соотношению между преобладающими катионами и анионами, разработал О.А. Алекин (1970). Сначала по преобладающему аниону воды делятся на 3 класса: гидрокарбонатный и карбонатный, сульфатный, хлоридный. Каждый класс делится по преобладающему катиону на 3 группы: кальциевую, натриевую и магниевую, а каждая группа делится на 4 типа вод, определенных соотношением между ними [4, 34].

Т.Н. Орлова (2013) классифицирует природные воды в зависимости от значения рН в семь групп (таблица 2.6) [36].

Таблица 2.6 - Классификация природных вод в зависимости от значения рН

Группы вод	Значение рН, ед.рН
Сильнокислые	< 3,0
Кислые	3,0–5,0
Слабокислые	5,0–6,5
Нейтральные	6,5–7,5
Слабощелочные	7,5–8,5
Щелочные	8,5–9,5
Сильнощелочные	9,5

Источник: [36]

По величине перманганатной окисляемости Т.Н. Орлова (2013) выделяет следующие категории: предельно чистая вода (менее 2), чистая вода (до 4), удовлетворительной чистоты (до 10), умеренно загрязненная (до 15), грязная (более 25) [36].

А.Н. Петин (2006) выделяет по содержанию кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности в зависимости от времени года следующие уровни загрязненности воды и классы качества: очень чистые, I (лето - 9 мг/дм³, зима – 14-13 мг/дм³), чистые, II (лето - 8 мг/дм³, зима – 12-11 мг/дм³), умеренно загрязненные, III (лето – 7-6 мг/дм³, зима – 10-9 мг/дм³), загрязненные, IV (лето – 5-4 мг/дм³, зима – 5-4 мг/дм³), грязные, V (лето – 3-2 мг/дм³, зима – 5-1 мг/дм³), очень грязные, VI (лето - 0 мг/дм³, зима – 0 мг/дм³) [37].

По сведениям Т.А. Кремлевой и В.Ю. Хорошавина (2016), установлено, что преобладающий тип воды в озерах в зоне тундры и лесотундры Западной Сибири – гидрокарбонатно-кальциевые (около 75 %). Существенно меньше доля гидрокарбонатно-натриевых озер – 15% и хлоридно-натриевого типа (около 10%). В таежной зоне преобладают озера гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые. Велика доля озер северной и средней тайги с низкими значениями рН, низкой щелочностью и высокой гумусностью, что связано с заболоченностью и поступлением подкисленных природными гумусовыми кислотами вод в озера [22].

Есть сведения, что вода некоторых озер в районе города Надыма относится к 3 классу качества – «умеренно загрязненная», воды этих озер относятся к ультрапресным, характеризуются низкой удельной электропроводностью и минерализацией, низкими показателями рН, высокой окисляемостью, превышением ПДК по железу, меди, цинку и аммонийному азоту [3].

Впервые голубые озера были описаны И.Л. Кузиным. В 1971 г. в пределах Уренгойского нефтегазового месторождения на дне безымянного голубого озера, названного «Регин-То», были установлены формы микрорельефа - воронки взрыва с выходами глубинного углеводородного газа [24], данное обстоятельство и заставило автора заняться изучением голубых озер. Голубыми озерами названы озера, вода которых практически не

содержит органических веществ, цветность равна нулю или близка к нему. На дне озер наблюдается массовое развитие синезеленых водорослей, благодаря которым с воздуха эти озера имеют зеленовато-голубой цвет. В голубых озерах мало растительности, особенно высшей, и резко сокращен видовой состав рыбы. Котловины голубых озер обычно термокарстового происхождения, однако морфология их различна. По гидрохимическому составу, вода голубых озер содержит сульфат-ион до 10-12,5 мг/л, это связано с круговоротом серы, происходящем при участии синезеленых водорослей [25, 26, 27, 28, 29].

Л.И. Кузин объясняет аномалии химического состава вод голубых озер следующими процессами: при поступлении воды, содержащей органические и сернистые вещества, в нижнем слое цианобактериального мата происходят микробиологические процессы, сопровождающиеся выделением сероводорода. Под синезелеными водорослями находится гидротроилит. После отмывания водой от микроорганизмов песок из синевато-зеленого становится черным, пахнущим сероводородом. Он образуется при взаимодействии гидроокислов железа со свободным сероводородом, представляющим собой продукт метаболизма сульфатредуцирующих бактерий. При его образовании синезелеными водорослями из воды удаляются и органические вещества, и сульфаты. В результате вода обесцвечивается, а содержание сульфат-иона в ней относительно высокое, но не превышает 10-12.5 мг/л. Сероводород является причиной появления аномалий в рассматриваемых озерах, так как он губительно действует на все живое [25, 26, 27, 28, 29].

Выводы

Таким образом, при анализе литературных источников, можно сделать вывод, что северотаежной зоне Ямало-Ненецкого АО большинство изученных озер по происхождению являются термокарстовыми, которые характеризуются небольшими размерами котловин (не превышают нескольких сотен метров в поперечнике, иногда достигают 2-3 км), различными формами котловин, незначительными глубинами, низкими, местами обрывистыми торфяными берегами, плоским днищем, а также отсутствием комплекса террас. По гидрохимическому составу преобладают озера гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые. Вместе с тем, в таежной зоне отмечены уникальные голубые озера со специфическим химическим составом вод и не связанных по своему происхождению с термокарстовыми и криолитогенными процессами. Изучению этих уникальных озер и посвящено наше исследование.

ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Объекты исследований

Объектами наших исследований являлись 6 озер, расположенных в Надымском районе Ямало-Ненецкого АО в пределах Надым-Пурского междуречья. Три озера отнесены нами к категории голубых озер (таблица 3.1, рисунок 3.1, рисунок 3.2, рисунок 3.3, рисунок 3.4). Вслед за Л.И. Кузиным голубыми озерами мы называем те озера, у которых водная поверхность в солнечную погоду имеет отчетливо выраженный голубой оттенок, вода практически не содержит органических веществ, цветность равна нулю или близка к нему [25, 26, 27, 28, 29].

Экспедиционные работы по обследованию озер проводились нами в августе 2017 года.

Таблица 3.1 - Местоположение обследованных озер

Наименование озера	Географические координаты
Озеро Голубое 1	65°20'28.6" N 72°59'02.1" E
Озеро Голубое 2	65°19'17.0" N 72°58'19.0" E
Озеро Голубое 3	65°12'51.8" N 73°11'11.4" E

Источник: [составлено автором]

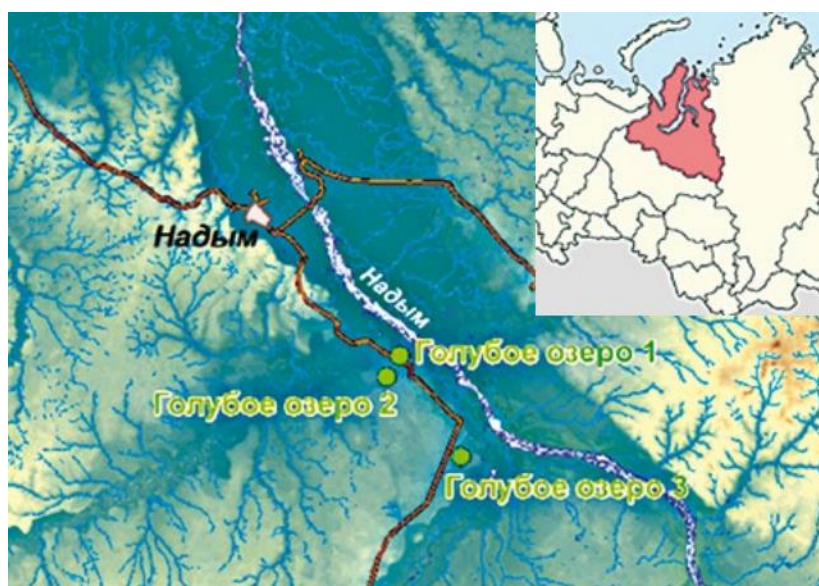


Рисунок 3.1 - Обзорная карта расположения голубых озер [39]



Рисунок 3.2 - Озеро Голубое 1 [фото автора]



Рисунок 3.3 - Озеро Голубое 2 [фото автора]



Рисунок 3.4 - Озеро Голубое 3 [фото автора]

Кроме того, чтобы показать отличительные особенности голубых озер по гидрохимическому составу и морфометрическим показателям, нами были рассмотрены три

бессточных озера (рисунок 3.5, рисунок 3.6, рисунок 3.7) расположенных в районе г. Надым (таблица 3.2).

Таблица 3.2 - Местоположение обследованных озер

Наименование озера	Географические координаты
«Старица»	65°21'52.50" N 72°55'47.99" E
Озеро 1	65°35'4.50" N 73° 5'46.34" E
Озеро 2	65°30'53.75" N 72°29'16.28" E

Источник: [составлено автором]

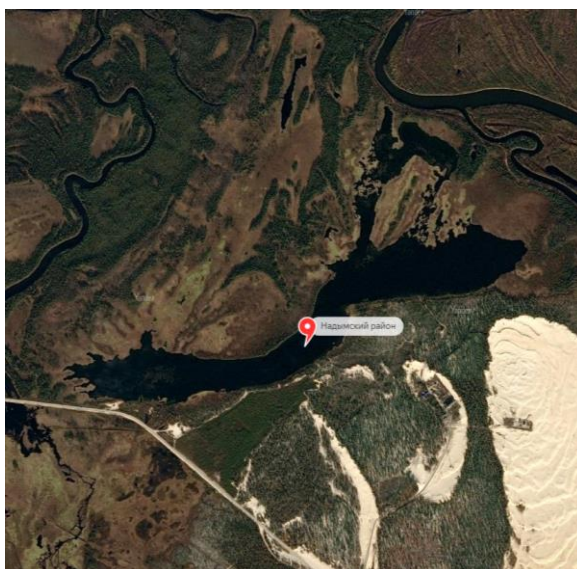


Рисунок 3.5 - Карта озера «Старица» [50]

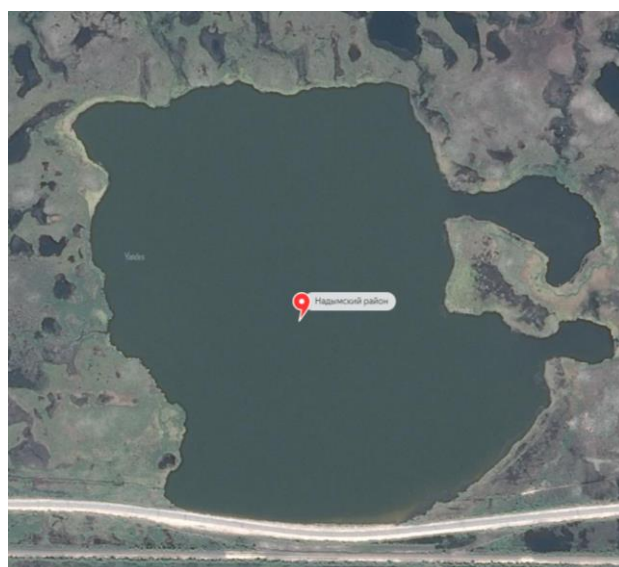


Рисунок 3.6 - Карта Озеро 1 [50]



Рисунок 3.7 - Карта Озеро 2 [50]

3.2 Методы исследований

В ходе полевых исследований были проведены следующие работы:

- 1) Проведено измерение глубин озер с помощью автоматического батиметрического комплекса;
- 2) Проведено изучение основные физико-химические показателей воды непосредственно на озерах.
- 3) Отобраны пробы воды с исследуемых озер для определения химического состава в лабораторных условиях.

Измерения глубин на рассматриваемых озерах проводились с помощью автоматического батиметрического комплекса (рисунок 3.8). Комплекс собран на базе радиоуправляемой модели корабля, на которую был дополнительно установлен эхолот Garmin EchoMAP 42CV и модуль управления Pixhawk MicroPix PX4, аналогичный модулям для беспилотных летательных систем. Управление комплексом может осуществляться как в ручном режиме с помощью пульта, так и в полностью автономном режиме, при этом аппарат движется по заданному заранее маршруту движения. Измерения глубин осуществлялись на скорости 4-8 м/с, аппарат также может выходить на режим глиссирования (8-15 м/с), однако в данном случае увеличение скорости приводит к уменьшению точности данных [39].



Рисунок 3.8 - Батиметрический комплекс на базе радиоуправляемой модели яхты на озере Голубое 1 [39]

Отбор проб озерной воды проходил в августе 2017 года, в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [2]. Пробы озерной воды на каждом исследуемом озере отбирались с глубины 0,5 м и со дна озера в общем количестве 2 л в полимерные бутылки для анализа ионного состава. Таким образом, с 6-ти исследуемых озер было отобрано и передано в лабораторию 12 проб.

Определение химического состава в лабораторных условиях проходили в лаборатории кафедры органической и экологической химии Тюменского государственного университета. При расчете средних значений концентраций определяемых химических веществ данные поверхностных и придонных проб объединялись по всей группе голубых озер. Данные по прочим озерам анализировались по отдельности.

Для отбора проб вод использовалась пробоотборная система СП-2 (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 - Отбор проб воды на озере Голубое 3, при помощи пробоотборной системы СП-2 [фото автора]

В отобранных пробах озерной воды с глубины при помощи пробоотборной системы СП-2 были определены основные физико-химические показатели поверхностных вод с

помощью приборов для измерения температуры, рН, окислительно-восстановительного потенциала, удельной электропроводности и общей минерализации жидких сред фирмы НМ Digital (РН-200 с погрешностью 0,1 ед. рН с автокомпенсацией по температуре в интервале 0-80 °С (рисунок 3.10), ОРР-200 с погрешностью 0,5 % с рабочей температурой в интервале 0-80 °С (рисунок 3.11), СОМ-100 с погрешностью 2 % с автокомпенсацией по температуре в интервале 0-50 °С (рисунок 3.12)) [39]. Для получения показаний приборов, необходимо отобранную пробу воды налить в небольшую емкость, и погрузить в нее прибор. Результаты измерений доступны уже через несколько секунд на экране или шкале измерений.



Рисунок 3.10 - рН метр РН-200 [49]



Рисунок 3.11 - ОБП метр ОРР-200 [48]



Рисунок 3.12 - Кондуктометр, солемер, термометр НМ Digital СОМ-100 [47]

В лаборатории кафедры органической и экологической химии Тюменского государственного университета в отобранных пробах определялись следующие элементы с использованием методов:

- рН – потенциометрическим методом;
- удельная электрическая проводимость вод – электрометрическим методом;
- методом капиллярного электрофореза «Капель» определялись катионы калия, натрия, магния, кальция;
- концентрация общего железа – фотометрическим методом;
- концентрации кадмия, никеля, хрома, кобальта, марганца - атомно-абсорбционным (ААС) методом с электротермической атомизацией;
- гидрокарбонаты – титриметрическим методом;
- концентрации фосфат-ионов - фотометрическим методом с восстановлением аскорбиновой кислотой;
- перманганатная окисляемость - титриметрическим методом;

- определения содержания анионов (хлорид-, сульфат -ионов) - методом ионной хроматографии» с использованием ионного хроматографа «Dionex ICS 2100»;
- концентрации растворенного кислорода - йодометрическим методом;
- определение общего углерода и неорганического углерода (Собщ, ТС и Смин, ТПС), общего азота (Nобщ, TNb-методом элементного анализа, по разнице между общим и неорганическим углеродом рассчитывали общий органический углерод (Сорг, ТОС).

В камеральных условиях рассчитывались морфометрические характеристики для исследуемых озер Надым-Пурского междуречья с применением методики Б.Б. Богословского [9,11].

Для вышеперечисленных озер определялись следующие морфометрические показатели - площадь зеркала озера (F_0), длина озера (L), максимальная ширина озера (V_{\max}), средняя ширина озера ($V_{\text{ср.}}$), коэффициент удлиненности ($K_{\text{удл.}}$), коэффициент извилистости береговой линии ($K_{\text{изв.}}$), максимальная и средняя глубины озер.

Одним из важных морфометрических показателей озер является площадь водного зеркала. Площадь озера (F_0 в км²) рассчитывается как средняя многолетняя величина, но может изменяться в зависимости от фазы водности, питающих озеро рек [5]. Определять площади рекомендуется планиметрированием, так как это наиболее точный метод. Приближенное определение площадей может быть выполнено при помощи палетки или по способу трапеций [9, 11]. В настоящей работе площадь озер определялась при помощи инструментов программы ArcGIS 10.3.

Длина озера (L в км) – кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга точками береговой линии, измеренное по его поверхности [10]. Длина измеряется линейкой и переводится в масштаб карты.

Ширина максимальная (V_{\max} в км) определяется прямой, проведенной перпендикулярно к линии по которой измерена длина, в самом широком месте и переведенной в масштаб карты [9, 11]. Показатель средней ширины ($V_{\text{ср.}}$, км) представляет частное от деления площади зеркала (F) на длину озера (L) [31].

Показатель удлиненности ($K_{\text{удл.}} = \frac{L}{V_{\text{ср.}}}$) - это отношение длины водоема к его средней ширине [9, 11].

Коэффициент изрезанности (извилистости) береговой линии озер ($K_{\text{изв.}} = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{F \cdot \pi}}$) – отношение длины к длине окружности круга, площадь которого равна площади озера [9, 11].

Максимальная глубина озера была получена при измерении глубин озер с помощью автоматического батиметрического комплекса. Средняя глубина озера ($V_{\text{ср.}} = \frac{V}{S}$ в м) – это отношение объема озера к площади его зеркала [9].

Батиграфическая кривая, отображает зависимость между глубинами и площадями, оконтуренными на соответствующих глубинах. Для построения этой кривой на вертикальной оси – шкала глубин, на горизонтальной – шкала площадей, оконтуренных изобатами [9].

Объемная кривая, отображает зависимость между объемом водной массы озера и его глубины. Для построения этой кривой на вертикальной оси – глубины, на горизонтальной – объемы воды, оконтуренные изобатами [9].

Объем воды в озере был определен по карте изобат, пользуясь «методом призм».

Объем озера высчитывается по формуле (1).

(1)

$$W = h_1 \frac{W_1 + W_2}{2} + h_2 \frac{W_2 + W_3}{2} + \dots + h_{n-2} \frac{W_{n-2} + W_{n-1}}{2} + h_{n-1} \frac{W_{n-1} + W_n}{2},$$

где h_1, h_2, h_3 - вертикальные расстояния между плоскостями изобат;

W_1, W_2, W_3 - площади, ограниченные изобатами [40].

Для определения формы геометрической фигуры котловины был рассчитан показатель емкости озерной котловины по формуле (2).

(2)

$$C_1 = \frac{H_{max}}{H_{ср}},$$

где H_{max} - максимальная глубина озера;

$H_{ср}$ – средняя глубина озера [35].

Статистический анализ производился в программе Microsoft Excel.

Выводы

Таким образом, для 6 озер, расположенных в Надымском районе Ямало-Ненецкого АО в пределах Надым-Пурского междуречья были отобраны пробы озерной воды для определения химического состава в лабораторных условиях для характеристики гидрохимического режима. При помощи автоматического батиметрического комплекса впервые проведено измерение глубин исследуемых озер, произведен расчет основных морфометрических показателей. Данные работы проведены для выявления особенностей голубых озер Надым-Пурского междуречья.

ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ГОЛУБЫХ ОЗЕР

4.1 Морфометрические показатели озер

Анализ водосборной площади изученных нами озер показал, что все они являются бессточными (приложение Б, приложение В, приложение Г, приложение Д, приложение Е, приложение Ж).

Морфометрия озер отражает, специфику развития котловины, а также процессы, протекающие в водной массе озера [34].

Для исследованных озер нами определялись следующие морфометрические показатели:

- площадь зеркала озера (F_0),
- длина озера (L),
- максимальная ширина озера (V_{\max}), - средняя ширина озера ($V_{\text{ср}}$),
- коэффициент удлиненности ($K_{\text{удл.}}$),
- коэффициент извилистости береговой линии ($K_{\text{изв.}}$).

Результаты вычислений представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Морфометрические показатели исследованных голубых озер Надым-Пурского междуречья территории ЯНАО

Название озера	Площадь озера, (км ²) F_0	Длина озера, (км) L	Ширина озера, (км) V	Коэффициент удлиненности $K_{\text{удл.}} = \frac{L}{V_{\text{ср}}}$	Коэффициент извилистости береговой линии $K_{\text{изв.}} = \frac{L}{2 * \sqrt{F * \Pi}}$
Голубое 1	0,032	0,22	$V_{\max}=0,19$ $V_{\text{ср}}=0,15$	1,47-озеро округлое	0,35
Голубое 2	0,009	0,13	$V_{\max}=0,1$ $V_{\text{ср}}=0,07$	1,86-озеро округлое	0,38
Голубое 3	0,026	0,21	$V_{\max}=0,15$ $V_{\text{ср}}=0,12$	1,75-озеро округлое	0,37

Источник: [составлено автором]

Результаты измерений площади зеркала позволяют отнести все исследованные нами озера, в соответствии с классификацией П.В. Иванова (1948), к категории «озерки» (с площадью от 0,001 до 0,01 км² и 0,02-0,1 км²).

Озера характеризуются также различными относительными показателями, так или иначе отражающими форму их котловин. Длина котловин (L) варьирует от 0,13 до 0,22 км. Ширина максимальная (V_{\max}) изменяется от 0,1 до 0,15 км, а средняя ширина от 0,07 до 0,15 км (см. таблица 4.1).

Коэффициент изрезанности (извилистости) береговой линии озер ($K_{\text{изв.}}$) изменяется от 0,35 до 0,38 (см. таблица 4.1).

Показатель удлинённости ($K_{удл.}$) даёт представление о форме озера в плане. Для изученных озёр рассматриваемой территории этот показатель изменяется в пределах от 1,47 до 1,86. Озёра имеют округлую форму ($K_u = 1,5-3$) (см. таблица 4.1).

Голубые озёра по средней глубине согласно классификации С.П. Китаева (1984) отнесены в группу «Очень малые» (меньше 2 м), по максимальной глубине изученные озёра были отнесены в группу «со средней» глубиной (6,25-12,5 м) озёра (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Распределение исследованных озёр по средней и максимальной глубинах озёра

Наименование озера	Площадь зеркала, м ²	Объём воды в озере, м ³	Максимальная глубина, м	Средняя глубина, м $V_{ср.} = \frac{V}{S}$	Класс озера по средней глубине	Класс озера по максимальной глубине
Голубое 1	31620	29791,72	7,7	0,94	«Очень малые»	«со средней»
Голубое 2	9544	8691,08	8,2	0,91	«Очень малые»	«со средней»
Голубое 3	25734	21228,34	11,6	0,82	«Очень малые»	«со средней»

Источник: [составлено автором]

По полученным результатам полевых работ, были построены батиграфические и объёмные кривые (рисунок 4.1, рисунок 4.2, рисунок 4.3), произведены расчеты интегральных морфометрических характеристик голубых озёр (таблица 4.3, таблица 4.4, таблица 4.5).

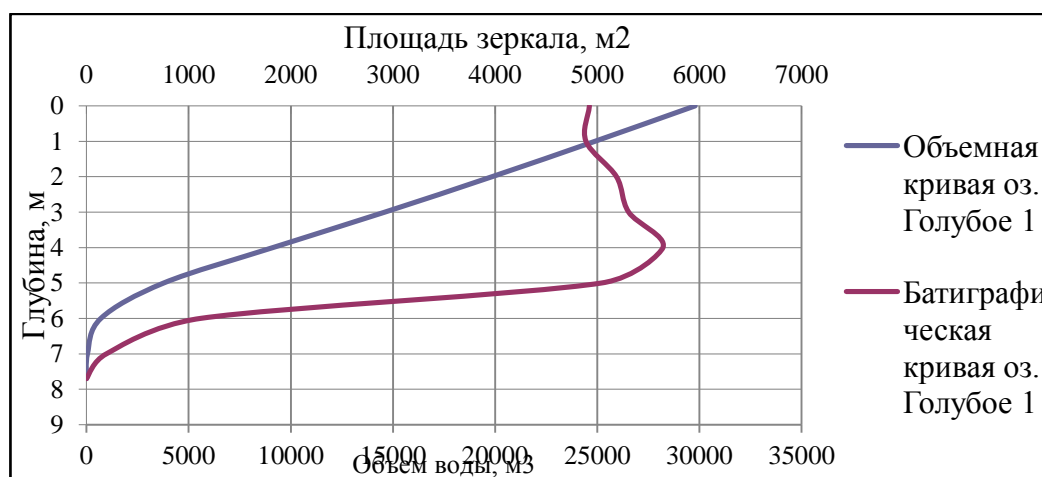


Рисунок 4.1 - Батиграфическая и объёмная кривая оз. Голубое 1 [составлено автором]

Таблица 4.3 - Интегральные морфометрические характеристики озера Голубое 1

Глубина H , м	Площадь, ограниченная изобатами f , м ²	Площадь, ограниченная изобатами по отношению к общей площади, %
-----------------	--	---

0	4923,35	15,24 %
1	4889,68	15,14 %
2	5188,32	16,06 %
3	5307,66	16,43 %
4	5643,20	17,47 %
5	5043,23	15,61 %
6	1115,09	3,45 %
7	194,82	0,60 %
7,7	0	0 %
Итого	32305,35	100 %

Источник: [составлено автором]

Анализ таблицы 4.3. показывает, что наибольшую площадь занимает площадь, ограниченная изобатами с отметкой 4 м, которая составляет 5643,20 м² (17,47 %), наименьшую площадь занимает площадь ограниченная изобатами с отметкой 7 м - 194,82 м² (0,60 %). Таким образом, наибольшую площадь озера занимает глубина 4 м.

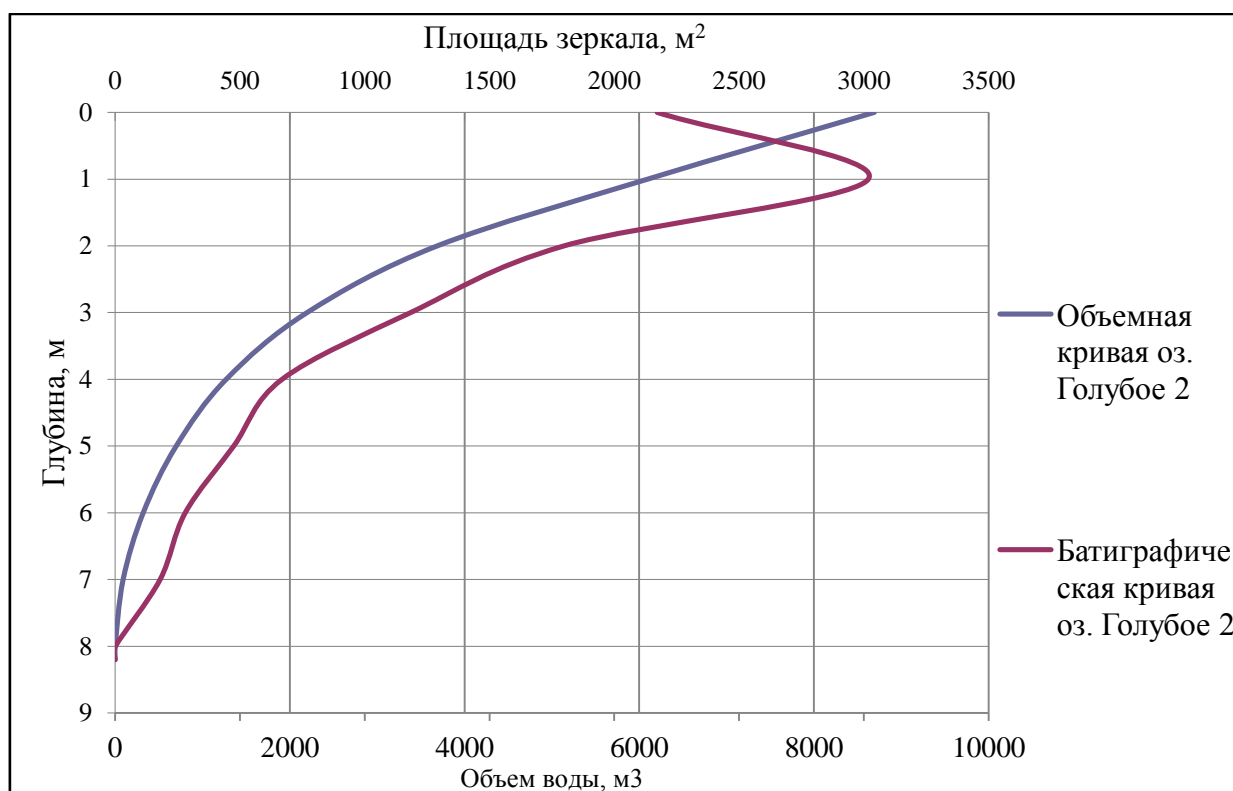


Рисунок 4.2 - Батиграфическая и объемная кривая оз.Голубое 2

[составлено автором]

Таблица 4.4 - Интегральные морфометрические характеристики озера Голубое 2

Глубина Н, м	Площадь, ограниченная изобатами f, м ²	Площадь, ограниченная изобатами по отношению к общей площади, %
0	2171,97	22,21 %

1	3018,02	30,87 %
2	1798,95	18,40%
3	1183,70	12,11 %
4	668,52	6,84 %
5	474,93	4,86 %
6	280,54	2,87 %
7	179,96	1,84 %
8	0,84	0,01%
8,2	0	0
Итого	9777,43	100 %

Источник: [составлено автором]

Анализ таблицы 4.4. показывает, что наибольшую площадь занимает площадь, ограниченная изобатами с отметкой 1 м, которая составляет 3018,02 м² (30,87%), наименьшую площадь занимает площадь ограниченная изобатами с отметкой 8 м - 0,84 м² (0,01 %). Таким образом, наибольшую площадь озера занимает глубина 1 м.

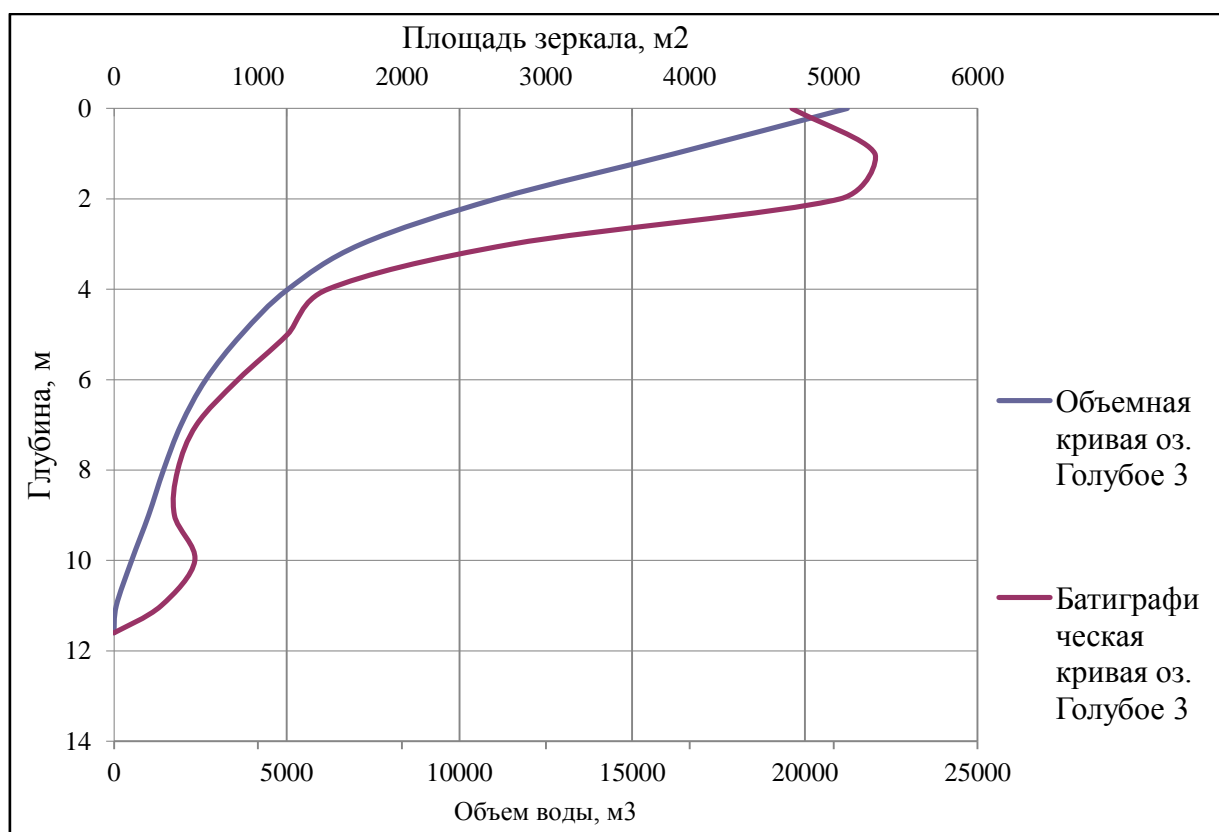


Рисунок 4.3 - Батиграфическая и объемная кривая оз.Голубое 3

[составлено автором]

Таблица 4.5 - Интегральные морфометрические характеристики озера Голубое 3

Глубина Н, м	Площадь, ограниченная изобатами f, м ²	Площадь, ограниченная изобатами по отношению к общей площади, %
--------------	---	---

0	4710,40	19,89%
1	5286,15	22,32%
2	5044,90	21,30%
3	2764,91	11,68%
4	1484,33	6,27%
5	1205,01	5,09%
6	861,47	3,64%
7	573,10	2,42%
8	442,59	1,87%
9	419,77	1,77%
10	561,46	2,37%
11	327,80	1,38%
11,6	0	0
Итого	23681,88	100%

Источник: [составлено автором]

Анализ таблицы 4.5. показывает, что наибольшую площадь занимает площадь, ограниченная изобатами с отметкой 1 м, которая составляет - 5286,15 м² (22,32%), наименьшую площадь занимает площадь, ограниченная изобатами с отметкой 11 м - 327,80 м² (1,38 %). Таким образом, наибольшую площадь озера занимает глубина 1 м.

Соотношение средней и максимальной глубин (С1), учитывают, на сколько котловина конкретного озера близка по форме к одной из геометрических фигур [35]. Согласно данной классификации котловины изучаемых озер подобны цилиндру (таблица 4.6).

Таблица 4.6 - Распределение исследованных озер по значению показателя емкости озерной котловины

Наименование озера	Показатель С1 $C1 = \frac{h_{cp}}{h_{max}}$	Форма озерной котловины
Голубое 1	0,94	Цилиндр
Голубое 2	0,91	Цилиндр
Голубое 3	0,82	Цилиндр

Источник: [составлено автором]

Кроме того, для того, чтобы показать отличительные особенности голубых озер, нами были произведены расчеты морфометрических характеристик для озер: 1) «Старица»; 2) Озеро 1; 3) Озеро 2. Результаты вычислений представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Морфометрические показатели изученных озер Надым-Пурского междуречья территории ЯНАО

Название озера	Площадь озера, (км ²) F ₀	Длина озера, (км) L	Ширина озера, (км) B	Коэффициент удлиненности $K_{удл.} = \frac{L}{V_{ср}}$	Коэффициент извилистости береговой линии $K_{изв.} = \frac{L}{2 * \sqrt{F * \pi}}$
«Старица»	0,72	3,02	V _{max} =0,4 V _{ср} = 0,24	12,58-озеро вытянутое в виде “борозды”	1
Озеро 1	0,36	0,83	V _{max} =0,67 V _{ср} =0,43	1,93-озеро округлое	0,39
Озеро 2	0,65	1,10	V _{max} =0,98 V _{ср} =0,59	1,86-озеро округлое	0,38

Источник: [составлено автором]

В соответствии с классификацией П.В. Иванова (1948), данные озера отнесены к категории «очень малые» (с площадью от 0,1 до 1,0 км²).

Длина котловин (L) варьирует от 0,83 до 3,02 км. Ширина максимальная (V_{max}) изменяется от 0,4 до 0,98 км, а средняя ширина от 0,24 до 0,59 км. (см. таблица 4.7).

Коэффициент изрезанности (извилистости) береговой линии озер (K_{изв.}) изменяется от 0,38 до 1. (см. таблица 4.7).

По показателю удлиненности согласно классификации С.В. Григорьева (1959) 2 озера (Озеро 1 и Озеро 2) имеют форму близкую к окружности $K_{удл.} = 1,5-3,0$; 1 озеро («Старица») вытянутое в виде “борозды” $K_{удл.} =$ более 10,0. (см. таблица 4.7).

По средней и максимальной глубине согласно классификации С.П.Китаева (1984) данные озера отнесены в группу «Очень малые» (средняя глубина меньше 2 м; максимальная глубина меньше 3,12 м) (таблица 4.8).

Таблица 4.8 - Распределение исследованных озер по средней и максимальной глубинах озера

Наименование озера	Площадь зеркала, м ²	Объем воды в озере, м ³	Максимальная глубина, м	Средняя глубина, м $V_{ср.} = \frac{V}{S}$	Класс озера по средней глубине	Класс озера по максимальной глубине
«Старица»	724162	320383,26	2,7	0,44	«Очень малые»	«Очень малая»
Озеро 1	356595	68362,16	1	0,19	«Очень малые»	«Очень малая»
Озеро 2	653939	295788,86	2,3	0,45	«Очень малые»	«Очень малая»

Источник: [составлено автором]

По полученным результатам полевых работ, были построены батиграфические и объемные кривые (рисунок 4.4, рисунок 4.5, рисунок 4.6.), произведены расчеты

интегральных морфометрических характеристик данных озёр (таблица 4.9, таблица 4.10, таблица 4.11).

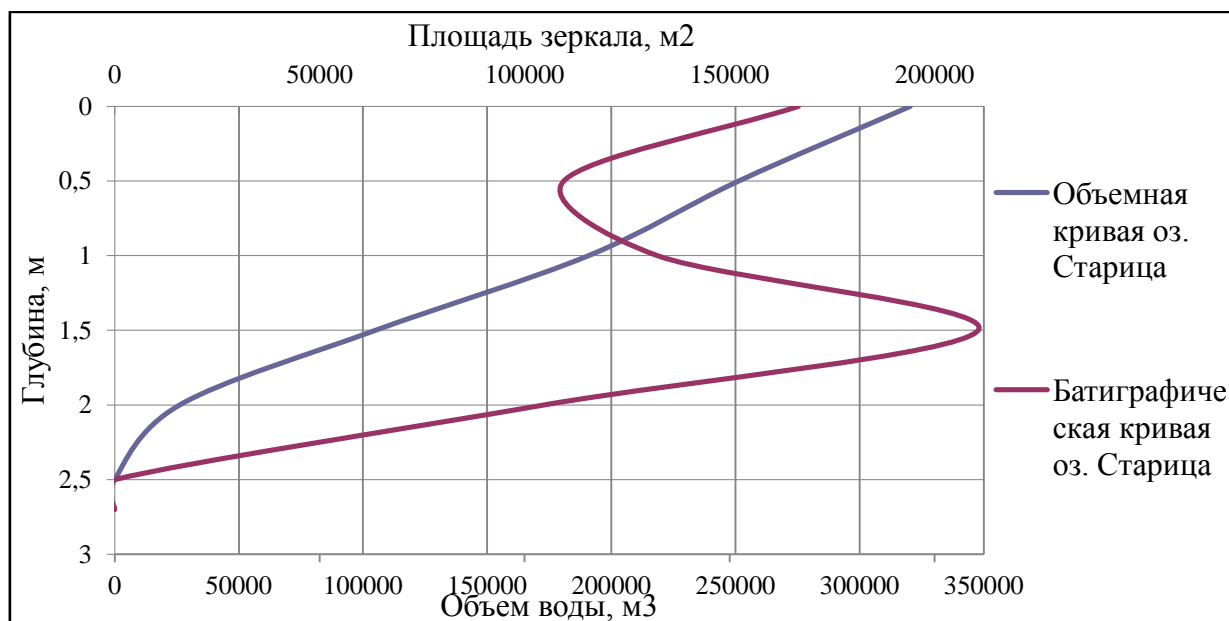


Рисунок 4.4 - Батиграфическая и объемная кривая оз. «Старица»

[составлено автором]

Таблица 4.9 - Интегральные морфометрические характеристики озера «Старица»

Глубина Н, м	Площадь, ограниченная изобатами f, м ²	Площадь, ограниченная изобатами по отношению к общей площади, %
0	166765,46	23,03%
0,5	109549,17	15,13%
1	132427,81	18,29%
1,5	210636,20	29,09%
2	104749,36	14,46%
2,5	33,55	0 %
2,7	0	0 %
Итого	724161,55	100 %

Источник: [составлено автором]

Согласно таблице 4.9. наибольшую площадь озера «Старица» занимает площадь, ограниченная изобатами с отметкой 1,5 м, которая составляет $210636,20 \text{ м}^2$ (29,09%), наименьшую площадь занимает площадь ограниченная изобатами с отметкой 2,5 м - $33,55 \text{ м}^2$ (0 %). Таким образом, для озера «Старица» характерна глубина 1,5 м.

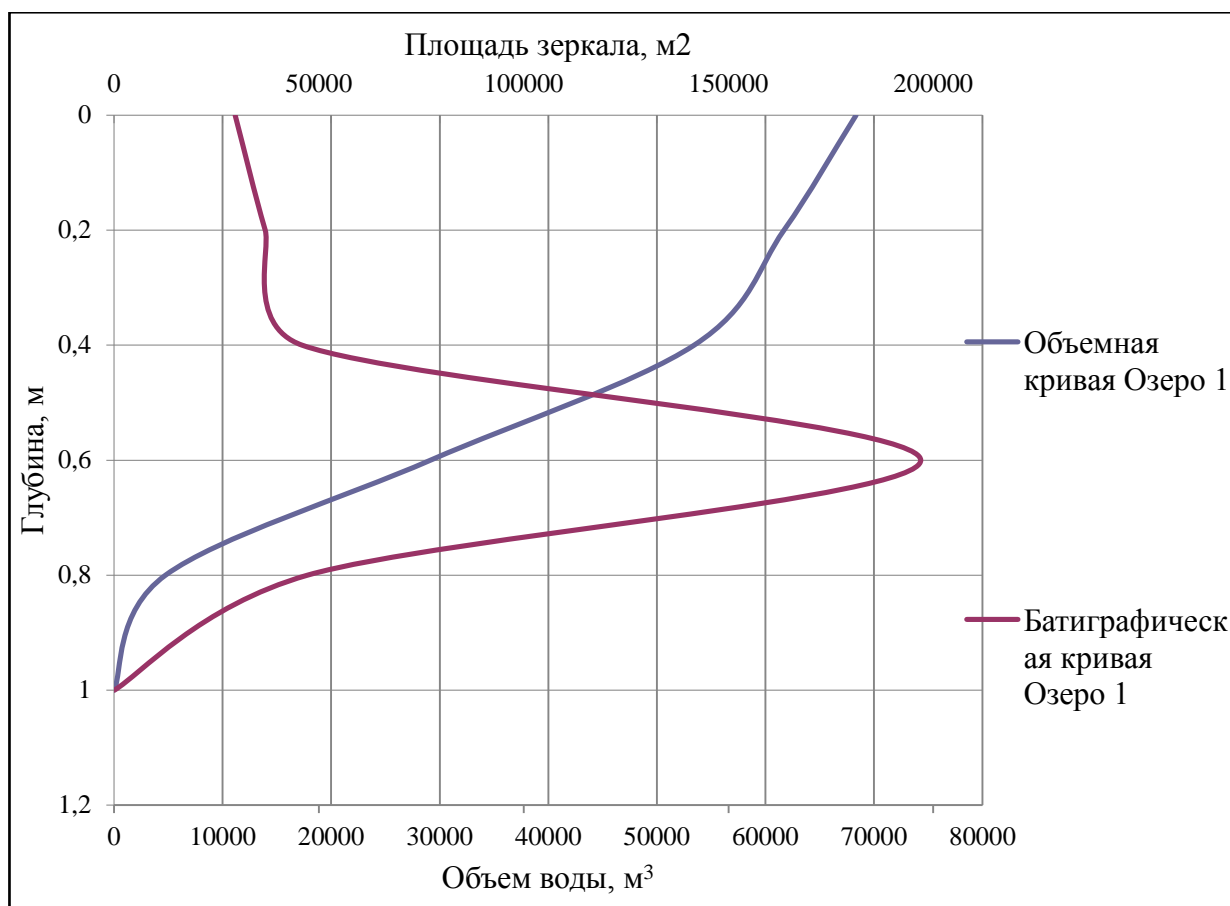


Рисунок 4.5 - Батиграфическая и объемная кривая Озеро 1

[составлено автором]

Таблица 4.10 - Интегральные морфометрические характеристики Озеро 1

Глубина Н, м	Площадь, ограниченная изобатами f, м ²	Площадь, ограниченная изобатами по отношению к общей площади, %
0	29542,88	8,28%
0,2	36888,82	10,34%
0,4	45893,02	12,87%
0,6	196950,72	55,23%
0,8	47245,25	13,25%
1	73,87	0,02 %
Итого	356594,57	100 %

Источник: [составлено автором]

Для Озеро 1 характерна глубина 0,6 м, площадь ограниченная изобатой 0,6 м составляет - 196950,72 м² (55,23%), наименьшую площадь занимает глубина 1 м, площадь ограниченная изобатой 1 м составляет - 73,87 м² (0,02%) (см. таблица 4.10).

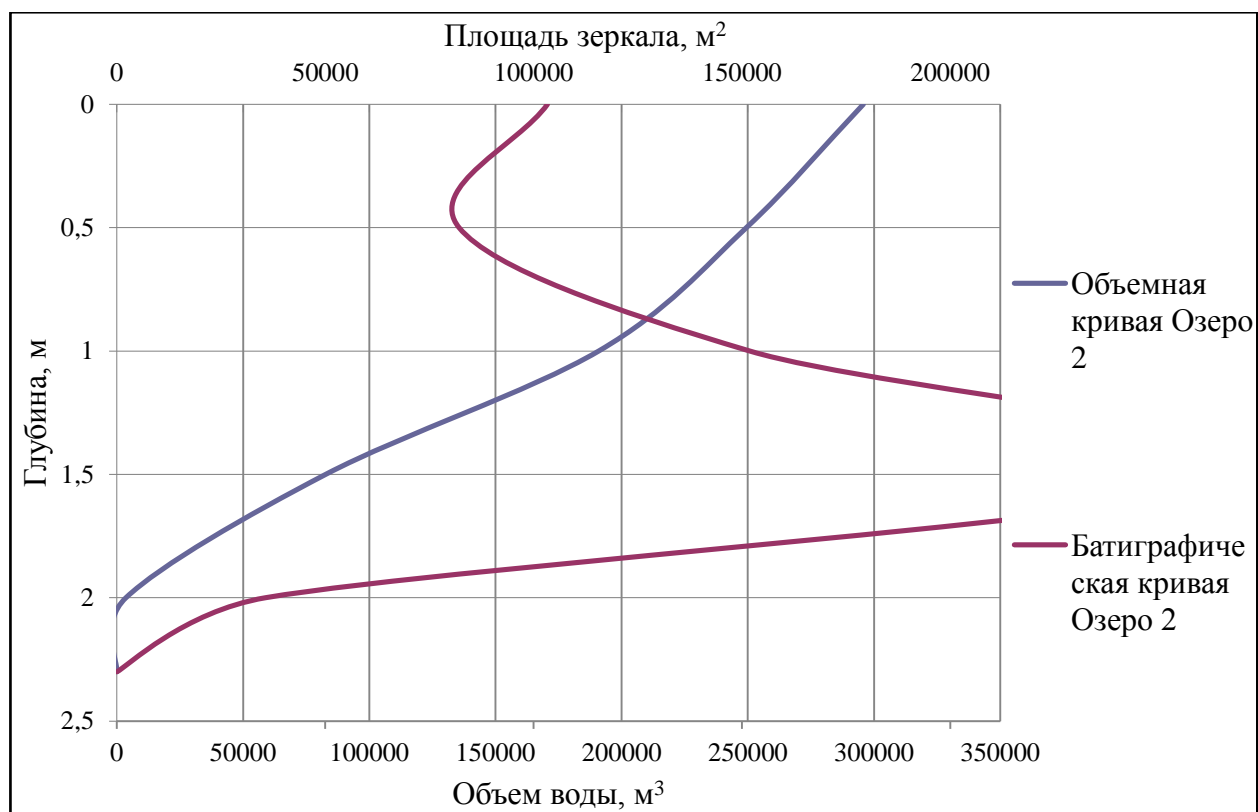


Рисунок 4.6 - Батиграфическая и объемная кривая Озеро 2
[составлено автором]

Таблица 4.11 - Интегральные морфометрические характеристики Озеро 2

Глубина Н, м	Площадь, ограниченная изобатами f, м ²	Площадь, ограниченная изобатами по отношению к общей площади, %
0	103330,83	15,80%
0,5	82131,43	12,56%
1	151899,76	23,23%
1,5	280923,98	42,96%
2	35653,07	5,45%
2,3	0	0 %
Итого	653939,07	100 %

Источник: [составлено автором]

В Озеро 2 преобладает глубина 1,5 м, так как занимает площадь - 280923,98 м² (42,96%), наименьшую площадь занимает глубина 2 м, которая составляет 35653,07 м² (5,45%) (см. таблица 4.11).

По значению показателя емкости озера [35] данные озера имеют форму котловины подобной конусу (таблица 4.12).

Таблица 4.12 - Распределение исследованных озер по значению показателя емкости озерной котловины

Наименование озера	Показатель $C1 = \frac{h_{cp}}{h_{max}}$	Форма озерной котловины
«Старица»	0,2	Конус
Озеро 1	0,2	Конус
Озеро 2	0,2	Конус

Источник: [составлено автором]

4.2 Гидрохимический режим озер

Для гидрохимических исследований водоёмов были отобраны пробы воды на определение содержания катионов Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mn^{2+} и анионов HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- . Кроме того, определены: pH, удельная электропроводность, перманганатная окисляемость, растворенный кислород, минерализация, общий органический углерод.

Согласно классификации О. А. Алекина (1970) по преобладающему катиону и аниону на основании результатов анализов (приложение И) природные воды исследуемых нами озер отнесены в группу сульфатно-кальциевых. По усредненному содержанию химические элементы, располагаются в следующем порядке:

Озеро «Старица» - $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+ > SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$

Озеро 1 - $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > SO_4^{2-} > HCO_3^- > K^+ > Cl^-$

Озеро 2 - $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+ > SO_4^{2-} > HCO_3^- > Cl^-$

Голубые озера - $Ca^{2+} > Mg^{2+} > SO_4^{2-} > Na^+ > K^+ > Cl^- > HCO_3^-$

Осадки - $Ca^{2+} > SO_4^{2-} > K^+ > Mg^{2+} > Na^+ > Cl^- > HCO_3^-$

По литературным данным [22] воды озер района исследований отнесены к гидрокарбонатно-кальциевым и гидрокарбонатно-натриевым.

Водородный показатель. Водородный показатель pH в водоёмах колеблется от 5,06 до 6,44 ед. pH (таблица 4.13, рисунок 4.7). Вода исследуемых озер характеризуется как слабокислая. Литературные источники связывают повышенную кислотность таежных озер с процессами подзолообразования и заболачивания этой природной зоны [22]. В нашем случае причинами закисления являются как антропогенные, так и природные факторы. Наиболее типичным природным фактором является поступление кислых вод природного происхождения (из болот, с подземными водами). Антропогенными факторами подкисления воды являются атмосферные осадки (при сгорании топлива в атмосферу попадает большое количество кислых оксидов (серы, азота и пр.), которые при соединении с атмосферной

влажгой образуют кислоты, в частности серную. Значительные концентрации сульфат-ионов отмечены нами не только в озерных водах (от 10 до 24 мг/дм³), но и в дождевых осадках (18,2 мг/ дм³).

Таблица 4.13 - Среднее значение рН в водах исследуемых озер и в осадках, ед. рН

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	5,06±0,36	5,35±0,05	5,71±0,01	5,90±0,02	6,44±0,03
SD	0,51	0,11	0,02	0,02	0,05
N	2	6	2	2	2

Примечание: здесь и далее: MEAN – среднее арифметическое с ошибкой, SD - стандартное отклонение, N – количество измерений
Источник: [составлено автором]

Электропроводность. Электропроводность – это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток [43].

Распределение средних значений удельной электропроводности показано на рисунке 4.8 и таблице 4.14. Наибольшим средним значением удельной электропроводности характеризуется Озеро 2, что подтверждает наибольшее содержание растворенных минеральных солей в исследуемой воде. Минимальные значения отмечены для голубых озер.

Таблица 4.14 - Средняя величина удельной электропроводности в водах исследуемых озер и в осадках, мкСм/см³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	102±3	67±6	133±42	226±13	417±8
SD	4	14	59	18	11
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Общая минерализация. Показателем количества содержащихся в воде растворенных веществ является общая минерализация. Существенное влияние на минерализацию оказывают как природные (геология района) так и антропогенные (сточные воды промышленности, городские ливневые стоки) факторы [45].

Распределение средних значений минерализации показано на рисунке 4.8 и таблице 4.15. Наибольшим средним значением минерализации характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для голубых озер.

Согласно классификации И.В.Баранова (1961) пресноводных водоемов по сумме ионов, к среднеминерализованным водам (200-500 мг/дм³) отнесены Озеро 1 и Озеро 2, к

маломинерализованным (100-200 мг/дм³) – озеро «Старица, к ультрапресным (<100 мг/дм³) все голубые озера (см. таблица 4.15).

Таблица 4.15 - Средняя минерализация в водах исследуемых озер и в осадках

Место отбора	Средняя минерализация, мг/дм ³
"Старица"	185,9
Озеро 1	207,5
Озеро 2	413,0
Голубые озера	97,7
Осадки	101,0

Источник: [составлено автором]

Процентное содержание основных элементов в общей минерализации представлено на рисунке 4.9 и таблице 4.16. Наибольшую долю содержания от общей минерализации в рассматриваемых озерных водах и осадках занимают катион кальция и сульфат-анион.

Таблица 4.16 - Доля основных элементов от общей минерализации в водах исследуемых озер и в осадках, %

Объект	Основные элементы, %							Итого, %
	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	
Озеро "Старица"	5,15	7,42	14,04	18,56	50,62	2,53	1,64	99,96
Озеро 1	11,41	2,98	18,6	13,97	47,23	1,78	3,97	99,94
Озеро 2	4,85	6,03	20,24	16,29	47,36	0,98	4,25	100
Голубые озера	15,17	5,32	10,85	16,68	45,65	4,38	1,89	99,94
Осадки	17,97	13,17	5,54	11,68	46,93	4,33	0,31	99,93

Источник: [составлено автором]

Растворенный кислород. Для оценки условий обитания гидробионтов, рыб, а также для характеристики качества вод в озерных водах определяют содержание кислорода. Содержание растворенного кислорода необходимо для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности в водоеме. Распределение средних значений растворенного кислорода показано на рисунке 4.10 и таблице 4.17. Наибольшим средним значением растворенного кислорода характеризуются голубые озера, в связи с жизнедеятельностью сине-зеленых водорослей, которые вырабатывают кислород и сероводород [27]. Минимальные значения отмечены для Озеро 1.

Согласно классификации А.Н. Пегина (2006) по содержанию кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности данные воды были отнесены: к умеренно загрязненным водоемам III класса качества (содержание растворенного кислорода 7-6 мгО₂/дм³) отнесены : озеро «Старица», Озеро 2, голубые озера; к загрязненному водоему IV класса качества (содержание растворенного кислорода 5-4 мгО₂/дм³) – Озеро 1.

Таблица 4.17 - Среднее значение содержания растворенного кислорода в водах исследуемых озер и в осадках, мгО₂/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	4,3±0,4	7,0±0,4	6,9±0,4	3,7±0,3	5,7±0,8
SD	0,6	1,0	0,5	0,4	1,2
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Общий органический углерод. Одним из важнейших суммарных параметров для определения загрязненности воды органикой является общий органический углерод (ТОС). ТОС включает в себя суммарную массу углерода всех органических компонентов, содержащихся в пробе [46].

Распределение средних значений общего органического углерода показано на рисунке 4.11 и таблице 4.18. Минимальные значения отмечены для голубых озер, максимальное - для Озеро 2, расположенного близ г. Надыма чем, по всей вероятности, и объясняется этот факт.

Таблица 4.18 - Средняя значение содержания общего органического углерода в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	3,4±0,7	0,9±0,2	3,3±0,3	7,4±0,5	8,8±0,1
SD	0,9	0,4	0,5	0,7	0,2
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Перманганатная окисляемость. Величина перманганатной окисляемости природных вод служит косвенным показателем содержания в воде органических и минеральных веществ. Распределение средних значений перманганатной окисляемости показано на рисунке 4.12 и таблице 4.19. Наибольшим средним значением перманганатной окисляемости характеризуется Озеро 2, высокий показатель свидетельствует о присутствии органических веществ. Что подтверждает высокие значения ТОС в этом озере. Минимальные значения отмечены для голубых озер, что опять же подтверждается минимальными значениями ТОС.

Согласно классификации Т.Н. Орловой (2013) по окисляемости природных вод данные озера относятся к категории «грязные» (ПО более 25 мгО₂/дм³).

Таблица 4.19 - Среднее значение перманганатной окисляемости в водах исследуемых озер и в осадках, $\text{MgO}_2/\text{дм}^3$

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	88±11	52±7	100±2	107±1	116±5
SD	15	17	2	2	7
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

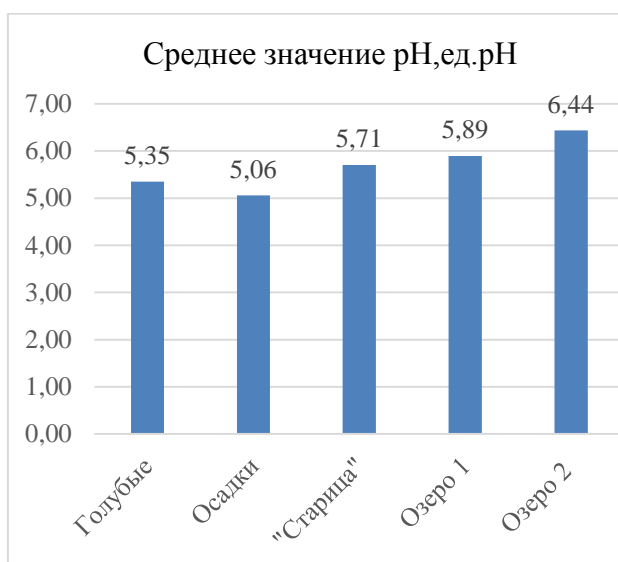


Рисунок 4.7 - Среднее значение pH (ед. pH) в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

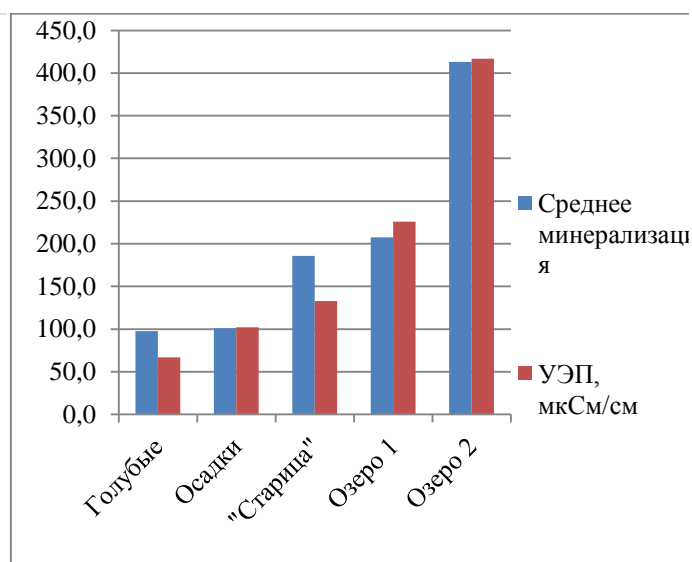


Рисунок 4.8 - Среднее значение минерализации ($\text{мг}/\text{дм}^3$) и удельной электропроводности ($\text{мкСм}/\text{см}^3$) в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

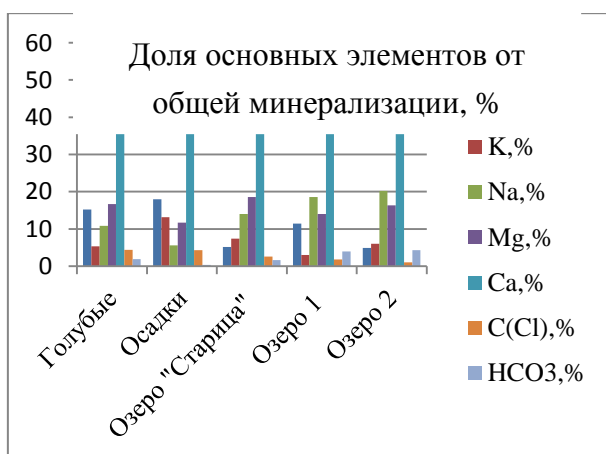


Рисунок 4.9 - Доля основных элементов от общей минерализации (%) в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

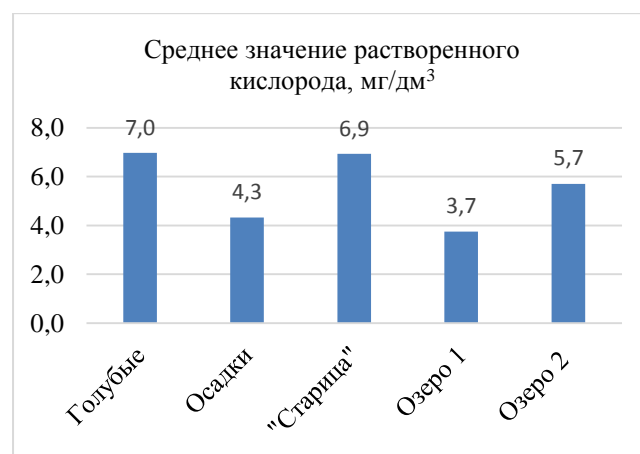


Рисунок 4.10 - Среднее содержание растворенного кислорода ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

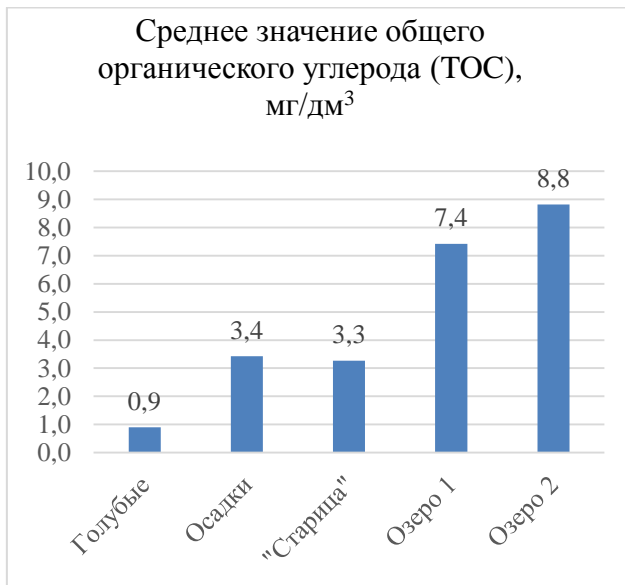


Рисунок 4.11 - Среднее значение общего органического углерода (мг/дм³) в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

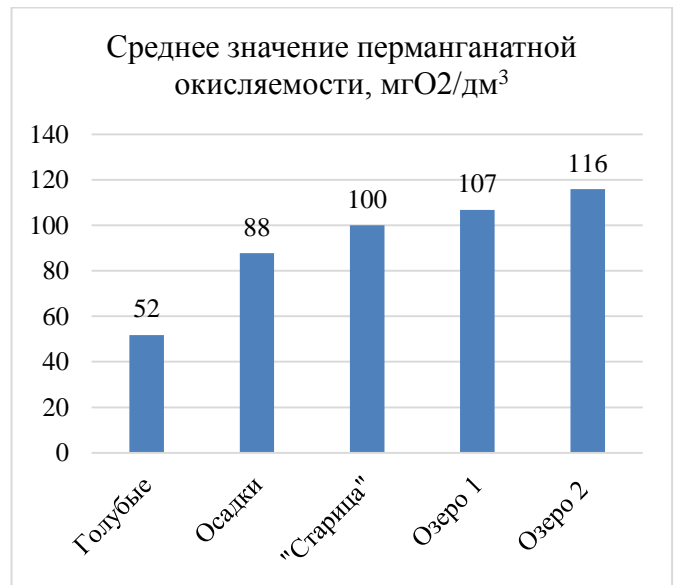


Рисунок 4.12 - Среднее значение перманганатной окисляемости (мгО2/дм³) в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

Кальций. Среди катионов составляющих состав озерных вод преобладает кальций. Распределение катионов кальция показано на рисунке 4.13 и таблице 4.20. Наибольшим средним значением содержания Ca^{2+} характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для голубых озер. Поступление кальция прежде всего связано с процессами химического выветривания и растворения минералов (известняков).

Таблица 4.20 - Среднее значение содержания Ca^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	47,4±10,8	44,6±4,8	94,1±62,5	98,0±14,8	195,9±16,8
SD	15,2	11,7	88,4	20,9	23,8
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Калий. Распределение катионов калия показано на рисунке 4.14 и таблице 4.21. Наибольшим средним значением содержания K^+ характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для голубых озер. Поступление калия прежде всего связано с процессами растворения коренных пород, а также при сбросе сточных вод промышленного и бытового происхождения.

Таблица 4.21 - Среднее значение содержания K^+ в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	13,3±1,3	5,2±1,5	13,8±6,1	6,2±4,3	24,9±4,0
SD	1,8	3,6	8,6	6,0	5,6
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Натрий. Распределение катионов натрия показано на рисунке 4.15 и таблице 4.22. Наибольшим средним значением содержания Na^{2+} характеризуется Озеро 2, поступление натрия связано с процессами растворения коренных пород, кларк Na в Земной коре составляет 25000 мг/кг [12]. Минимальные значения отмечены для голубых озер.

Таблица 4.22 Среднее значение содержания Na^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	5,6±3,5	10,6±3,6	26,1±1,0	38,6±0,8	83,6±14,7
SD	4,9	8,9	1,4	1,2	20,7
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Магний. Распределение катионов магния показано на рисунке 4.16 и таблице 4.23. Наибольшим средним значением содержания Mg^{2+} характеризуется Озеро 2, это связано с тем, что большое количество магния находится в земной коре в виде минералов (доломита, магнезита и др.), кларк Mg в Земной коре составляет 18700 мг/кг [12]. Минимальные значения отмечены для голубых озер.

Таблица 4.23 - Среднее значение содержания Mg^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	11,8±2,6	16,3±4,7	34,5±25,7	29,0±0,8	67,3±0,7
SD	3,7	11,6	36,3	1,1	1,0
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Железо. Железо является важным микроэлементом для жизнедеятельности живых организмов в воде. Распределение катионов железа показано на рисунке 4.17 и таблице 4.24.

Наибольшим средним значением содержания Fe^{2+} характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для голубых озер.

Норматив ПДКв.р. по общему железу равен 0,1 мг/л [1]. Результаты анализов свидетельствуют о превышении ПДКв.р. в Озере 2 - в 13,5 раза, в Озере 1 – в 10,1 раза, в озеро «Старица» - в 4,8 раза и в голубых озерах в 4,5 раза. Таким образом, можно сделать вывод, что данные озера загрязнены соединениями железа. По нашему мнению, превышения ПДК по железу относятся к природным особенностям территории.

Таблица 4.24 - Среднее значение содержания Fe^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	0,24±0,09	0,45±0,17	0,48±0,08	1,01±0,14	1,35±0,38
SD	0,12	0,42	0,11	0,20	0,54
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Марганец. Распределение Mn^{2+} показано на рисунке 4.18 и таблице 4.25. Наибольшим средним значением содержания катионов марганца характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для озера «Старица».

Поступление марганца связано с процессами выщелачивания минералов, включающих марганец (манганиты, пиролюзиты), разложением растений и микроорганизмов, а также при сбросе сточных вод предприятий химической промышленности.

Таблица 4.25 - Среднее значение содержания Mn^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках, мкг/дм³

Показатель	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	0,50±0,07	0,31±0,17	0,12±0,06	0,50±0,10	0,57±0,26
SD	0,09	0,41	0,09	0,15	0,36
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Сульфаты. Анионный состав изучаемых озер характеризуется преобладанием SO_4^{2-} . Распределение анионов сульфата показано на рисунке 4.19 и таблице 4.26. Наибольшими средними значениями содержания SO_4^{2-} характеризуются Озера 1 и 2, минимальные значения отмечены для голубых озер и озера «Старица». Кроме того, на представленном

рисунке 4.19, можно отметить большое содержание сульфатов в дождевых осадках, которые, по всей вероятности, оказывают влияние на водные объекты.

Поступление сульфатов связано с химическим выветриванием и растворением серосодержащих минералов (гипс), а также окисления сульфидов и серы, разложением микроорганизмов, а также при сбросе промышленных и коммунальных сточных вод [42]. Увеличение доли сульфатных озер может быть связано с техногенным влиянием, а именно в связи с нефтегазовыми месторождениями [21].

Таблица 4.26 - Среднее значение содержания SO_4^{2-} в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатели	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	18,15±2,36	14,82±2,04	9,58±3,51	23,67±1,70	20,03±2,85
SD	3,34	4,99	4,96	2,41	4,03
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

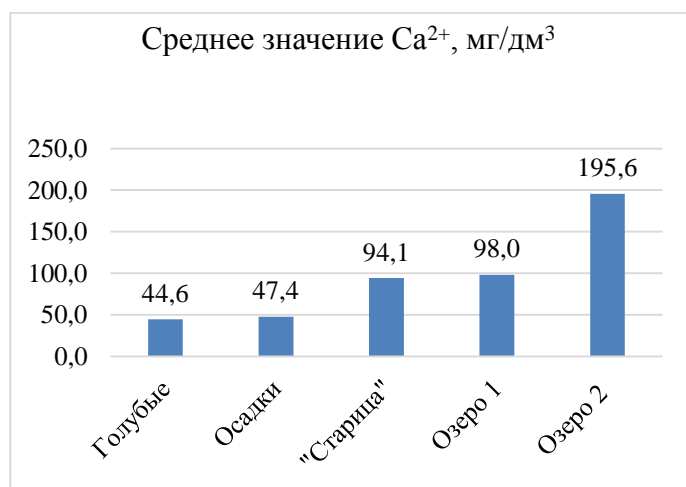


Рис.4.13. Среднее значение содержания Ca^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

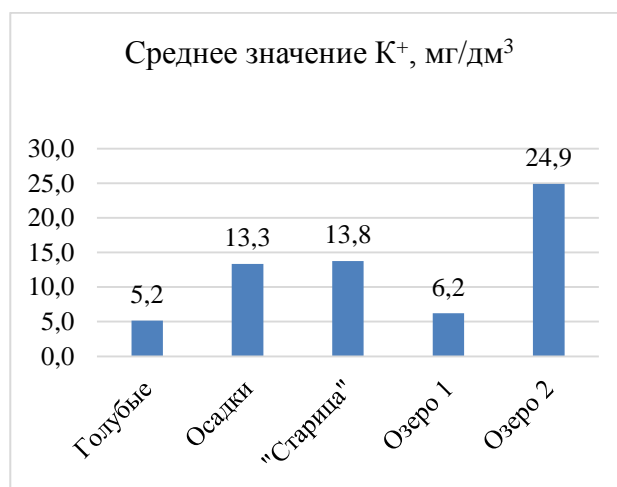


Рис.4.14. Среднее значение K^+ в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

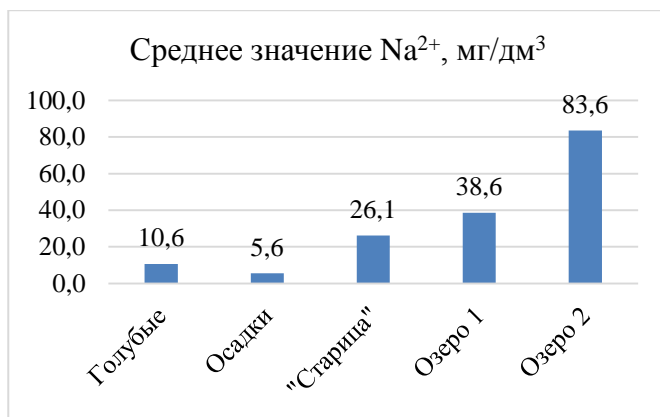


Рисунок 4.15 - Среднее значение Na^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

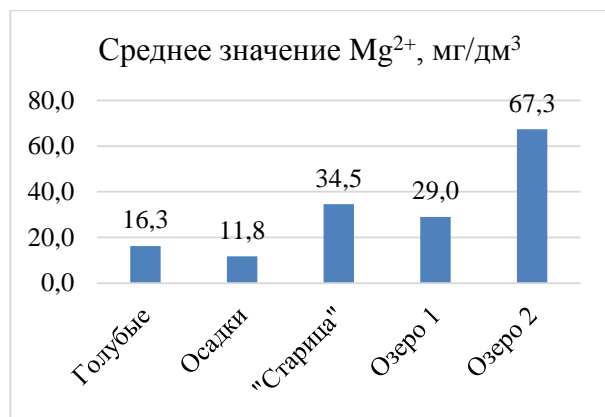


Рисунок 4.16 - Среднее значение Mg^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

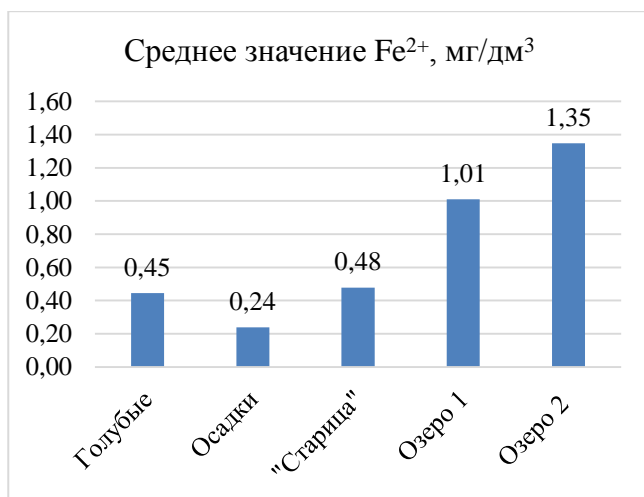


Рисунок 4.17 - Среднее значение Fe^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

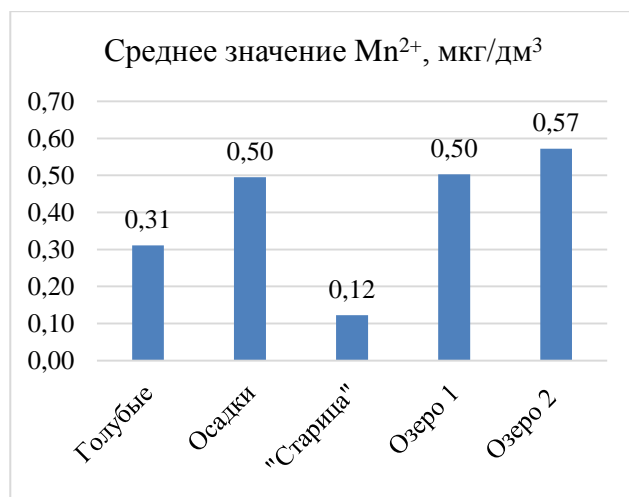


Рисунок 4.18 - Среднее значение Mn^{2+} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

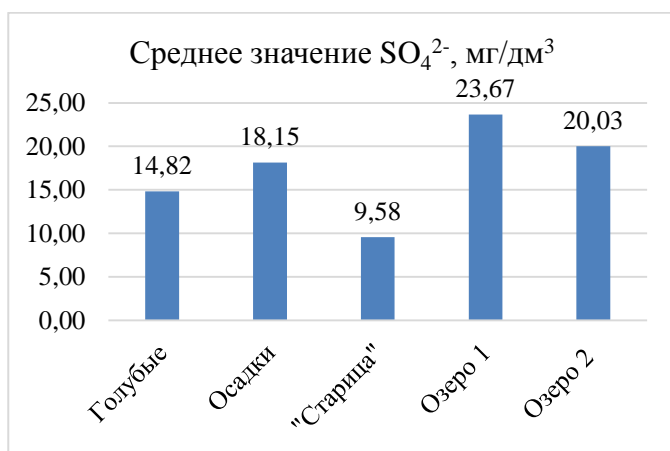


Рисунок 4.19 - Среднее значение SO_4^{2-} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

Гидрокарбонат анионы. Распределение гидрокарбонат анионов показано на рисунке 4.20 и таблице 4.27. Наибольшим средним значением содержания HCO_3^- характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для голубых озер.

Поступление гидрокарбонат анионов связано с атмосферными осадками, процессами жизнедеятельности микроорганизмов в воде. Устойчивость водоёмов к кислотным дождям связана с содержанием гидрокарбонат анионов, которые нейтрализуют кислоты.

Таблица 4.27 - Среднее значение содержания HCO_3^- в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатели	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	0,31±0,18	1,85±0,22	3,05±0,49	8,24±0,55	17,57±0,37
SD	0,26	0,54	0,69	0,78	0,52
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

Фосфат анионы. Распределение фосфат анионов показано на рисунке 4.21 и таблице 4.28. Наибольшим средним значением содержания фосфат анионов характеризуется Озеро 2, минимальные значения отмечены для голубых озер.

Поступление фосфат анионов связано с воздействием близ расположенного населенного пункта, а именно при попадании сточных вод.

Таблица 4.28 - Среднее значение содержания PO_4^{3-} в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатели	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	0,09±0,03	0,08±0,01	0,11±0,01	0,10±0,00	0,25±0,01
SD	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

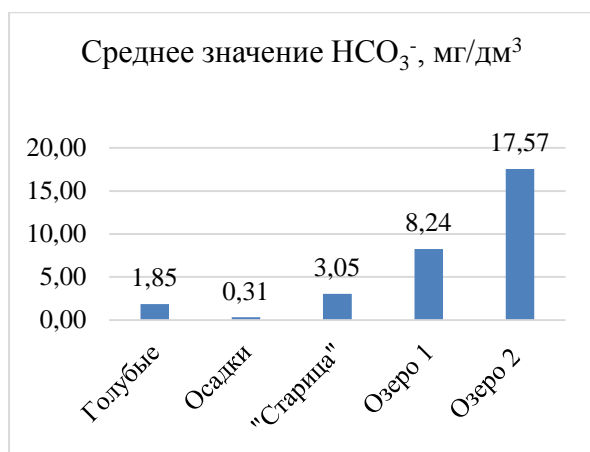


Рисунок 4.20 - Среднее значение HCO_3^- в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

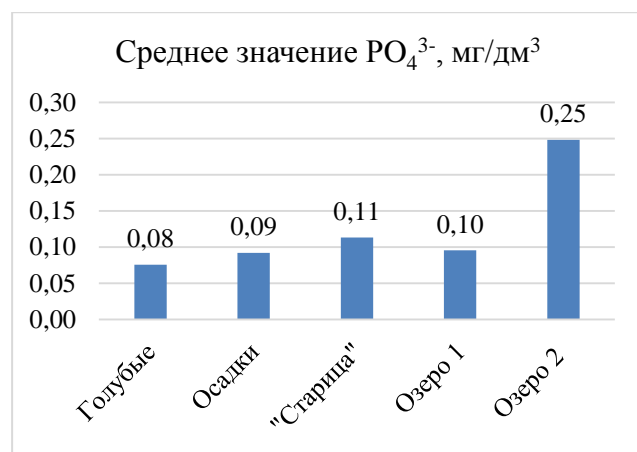


Рисунок 4.21 - Среднее значение PO_4^{3-} в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

Хлориды. По содержанию Cl^- изученные озера практически не различаются. Незначительное превышение отмечено в Озере «Старица» (рисунок 4.22, таблица 4.29). Поступление хлорид-анионов связано с вымыванием поваренной соли и других хлористых соединений из пластов пород вулканического происхождения, с поступлением атмосферных осадков в водный объект.

Таблица 4.29 - Среднее значение содержания Cl^- в водах исследуемых озер и в осадках, мг/дм³

Показатели	Осадки	Типы озер			
		Голубые	"Старица"	Озеро 1	Озеро 2
MEAN	4,37±0,04	4,28±0,37	4,70±0,29	3,69±0,07	4,05±0,29
SD	0,05	0,91	0,41	0,10	0,41
N	2	6	2	2	2

Источник: [составлено автором]

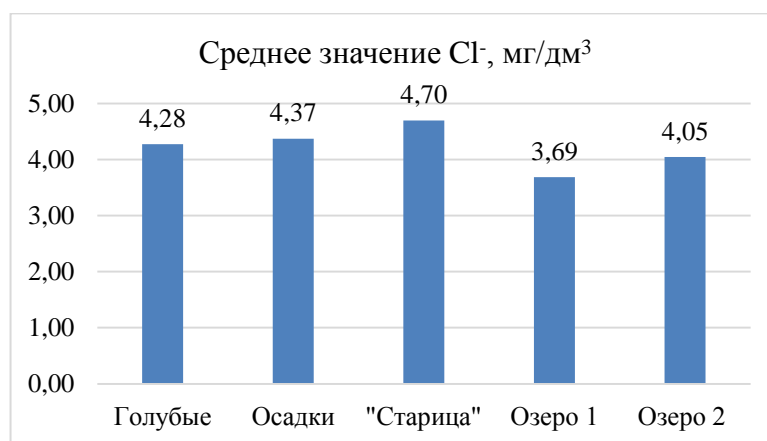


Рисунок 4.22 - Среднее значение Cl^- в водах исследуемых озер и в осадках [составлено автором]

Выводы

Таким образом, анализ морфометрических характеристик изученных озер показал, что голубые озера на территории Надым-Пурского междуречья, имеют небольшую площадь от 0,009 до 0,032 км² и относятся к группе «озерки». Их котловины округлой формы с максимальными глубинами до 12 м, что не характерно для термокарстовых и пойменных озер с глубинами до 3 м. По значению показателя емкости котловины голубых озер имеют форму цилиндра, в отличие от термокарстовых и пойменных озер, имеющих форму конуса. Таким образом, голубые озера по своим морфометрическим характеристикам не соответствуют термокарстовым озёрам, и, вероятно, имеют иное происхождение.

При анализе химического состава исследуемых озер установлено, что воды всех изученных озер относятся сульфатно-кальциевому типу. Преобладание сульфатов прежде всего связано с поступлением атмосферных осадков, что подтверждается анализом снеговых и талых вод.

Гидрохимическими особенностями голубых озер являются – минимальные значения удельной электропроводности, минимальные концентрации основных катионов (Ca²⁺, Fe²⁺, K⁺, Na⁺, Mg²⁺) и анионов (HCO₃⁻, PO₄³⁻). По уровню общей минерализации данные озера являются ультрапресными, кроме того, характеризуются максимальным содержанием растворенного кислорода, что не характерно для рядом расположенных озер. Таким образом, голубые озера характеризуются уникальным химическим составом, значительно отличающимся от озер, имеющих старичное и термокарстовое происхождение.

На основании уникальных морфометрических характеристик и гидрохимических особенностей голубые озера не могут быть отнесены по своему генезису к группе термокарстовых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Факторы естественного природного происхождения (состав горных пород, плоский рельеф территории, наличие мерзлых пород с низкими фильтрационными свойствами, суровые климатические условия в условиях избыточного увлажнения, высокая заболоченность) и техногенного происхождения (линейные сооружения, а населенные пункты, вахтовые поселки и производственные объекты) оказывают существенное влияние на гидрологический и гидрохимический режимы, на условия образования и генезис озерных котловин на территории ЯНАО. В зависимости от перечисленных условий возникают различные по морфологии и гидрохимическому режиму озера.

2) Анализ опубликованных материалов показал, что в северотаежной зоне Ямало-Ненецкого АО большинство изученных озер по происхождению являются термокарстовыми, которые характеризуются небольшими размерами котловин (не превышают нескольких сотен метров в поперечнике, иногда достигают 2-3 км), различными формами котловин, незначительными глубинами, низкими, местами обрывистыми торфяными берегами, плоским дном, а также отсутствием комплекса террас. По гидрохимическому составу преобладают озера гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые.

3) В результате выполненных исследований получены были следующие результаты:

Голубые озера на территории Надым-Пурского междуречья, имеют небольшую площадь от 0,009 до 0,032 км² и относятся к группе «озерки». Котловины данных озер имеют округлую форму с максимальными глубинами до 12 м, что не характерно для термокарстовых и пойменных озер с глубинами до 3 м. По значению показателя емкости котловины голубых озер имеют форму цилиндра, в отличие от термокарстовых и пойменных озер, имеющих форму конуса.

Воды всех изученных озер относятся к сульфатно-кальциевому типу. Гидрохимическими особенностями голубых озер являются – минимальные значения удельной электропроводности, минимальные концентрации основных катионов (Ca²⁺, Fe²⁺, K⁺, Na⁺, Mg²⁺) и анионов (HCO₃⁻, PO₄³⁻). По уровню общей минерализации данные озера являются ультрапресными, кроме того, характеризуются максимальным содержанием растворенного кислорода, что не характерно для рядом расположенных озер.

Голубые озера уникальны по морфометрическим характеристикам и гидрохимическому составом озерных вод и по своему генезису не могут быть отнесены к группе термокарстовых озер региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Нормативно - правовые акты

1. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: утв. приказом Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. N 552 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс [сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 31.05.2018).
2. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб: Межгос. Стандарт. – Введ. 2014 – 01 -01. - М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.

Литература

3. Агбалян Е.В. Гидрохимические показатели качества природных вод малых озер бассейна р.Надым / Е.В.Агбалян, Е.В.Шинкарук // Успехи современного естествознания. - 2015. - №11-2. – с.186-190.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 444 с.
5. Амеличев Г.Н. Основы общей гидрологии. Учебно-методическое пособие / Г.Н.Амеличев, А.Г.Кузнецов. - Симферополь: ТНУ, 2009. – 126 с.
6. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа/ гл. ред. С.И.Ларин. - Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. - 303 с.
7. Бакулин В.В.. География Тюменской области : учебное пособие / В. В. Бакулин, В. В. Козин. - Екатеринбург : Сред.-Урал. кн. изд-во. - 1996. - 240 с.
8. Баранов И В. Лимнологические типы озер СССР / И.В.Баранов. - Л.: Гидрометеиздат, 1961.-276 с.
9. Богословский Б. Б. Озероведение / Б.Б. Богословский. – М.: МГУ,1960.- 336 с.
10. Богословский Б.Б. Морфология и морфометрия озер и водохранилищ / Б.Б. Богословский. - Л.: ЛПИ, 1977. 32 с.
11. Богословский Б.Б. Основы гидрологии суши: Реки, озера, водохранилища/ Б.Б. Богословский. - Минск: БГУ, 1974. - 214 с.

12. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. - 1962. - № 7. - с. 555—571.
13. География Ямало-Ненецкого автономного округа : природа, население, хозяйство, экология. 8 - 9 кл.: учеб. пособие/ под ред. С.И. Ларина. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2001. - 328 с.
14. Григорьев С.В. О некоторых определениях и показателях в озероведении / С.В.Григорьев // Труды Карел. филиала АН СССР. — 1959. — Вып. 18. — С. 29–45.
15. Добровольский Г.В. География почв: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. / Г. В.Добровольский, И. С. Урусевская. — М.: МГУ, «КолосС», 2004. — 460 с.
16. Иванов П. В. Классификация озёр мира по величине и по их средней глубине / П.В.Иванов // Науч. бюллетень ЛГУ. - 1948. - № 20. — с. 29–36.
17. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон / С.П. Китаев. - М.: Наука, 1984. - 208 с.
18. Колосков В.Н. Геологическое строение Надымской мегавпадины Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна в свете перспектив ее нефтеносности: дисс. ... канд. геолого-минералогических наук: 25.00.12/ В. Н.Колосков. - Москва, 2005.- 125 с.
19. Комплексный мониторинг северотаежных геосистем Западной Сибири / Н.Г.Москаленко [и др.]; отв. ред. В.П.Мельников. - Новосибирск : Академ. изд-во "Гео", 2012. - 207 с.
20. Кравцова В.И. Распространение термокарстовых озер в России в пределах зоны современной мерзлоты / В.И. Кравцова // Вестник Московского университета.- 2009. - №3. - с.33-42.
21. Кремлева Т.А. Геохимические факторы устойчивости водных систем к антропогенным нагрузкам: автореф. дис. ... док. химических наук: 25.00.09/ Т. А.Кремлева. - Москва, 2015.- 108 с.
22. Кремлева Т.А. Особенности ионного состава природных вод малых озер Западной Сибири и их классификация по кислотности и содержанию органического вещества/ Т.А.Кремлева, В.Ю.Хорошавин / Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы II Международной школы-семинара для молодых исследователей, посвященной памяти профессора В. Б. Ильина (Тюмень, 16-20 мая 2016 г.). - Тюмень, 2016. - с. 153-164.
23. Кремлева Т.А. Оценка влияния основных природных и антропогенных факторов на формирование химического состава вод малых озер Западной Сибири

- статистическими методами/ Т.А.Кремлева [и др.] //Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование.- 2013. - №5. - с. 7-21.
24. Кругликов Н. М. Выходы глубинного газа на Уренгойском месторождении/ Н. М.Кругликов, И.Л.Кузин // Структурная геоморфология и неотектоника Западной Сибири в связи с ее нефтегазонасностью. – 1973. - Вып. 73 - С. 96–106.
 25. Кузин И.Л. Голубые озера областей гумидного климата/ И.Л.Кузин // Изв. Российского геогр. о-ва. - 2001. - Т.133. - вып.3. - с.44-51.
 26. Кузин И.Л. О геологической роли сине-зеленых водорослей и природных условиях докембрия / И.Л.Кузин // Изв. Российского геогр. о-ва. - 2007. -Т.139.- вып.2. - с.48-64.
 27. Кузин И.Л. О происхождении закисленных «голубых» озер в гумидной зоне/ И.Л.Кузин // Записки Горного института. - 2013. – Т.203. – с.178-181.
 28. Кузин И.Л. Об образовании литосферы и гидросферы Земли/ И.Л.Кузин. - СПб.: СЗНИИ «Наследие», 2014.- 65 с.
 29. Кузин И.Л. Способ геохимического поиска залежей нефти и газа / И.Л.Кузин.- Авторское свидетельство на изобретение № 1277040, 1986.
 30. Лезин В.А. Реки Ямало-Ненецкого автономного округа: справ. пособие/ В.А.Лезин. - Тюмень: Вектор Бук, 2000. - 142 с.
 31. Лопух П.С. Общая лимнология. Учебное пособие / П.С.Лопух, О.Ф.Якушко. - Минск: БГУ, 2011. – 248 с.
 32. Михайлов В.Н. Гидрология: Учебник для вузов/ В.Н.Михайлов, А.Д.Добровольский, С.А.Добролюбов.- М.: Высш. шк., 2007. – 463 с.
 33. Моисеенко Т.И. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды/ Т.И.Моисеенко, Н.А.Гашкина. - М.: Наука, 2010. - 268 с.
 34. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер / Н.В. Мякишева. - СПб.: РГГМУ, 2009.- 160 с.
 35. Общая гидрология (гидрология суши)/ Б.Б.Богословский [и др.]. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 422 с.
 36. Орлова Т.Н. Химия природных и промышленных вод: учеб. пособие / Т. Н. Орлова, Д. А. Базлов, В. Ю. Орлов. - Ярославль: ЯрГУ, 2013. — 120 с.
 37. Петин А.Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учебное пособие / А.Н.Петин, М.Г.Лебедева, О.В. Крымская.- Белгород: БелГУ, 2006. – 252 с.
 38. Рельеф Западно-Сибирской равнины/ А.А.Земцов [и др.]; отв. ред. О.В.Кашменская.- Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1988. - 192 с.
 39. Соромотин А.В. Морфометрические характеристики и гидрохимические особенности голубых озер Надым-Пуровского междуречья/ А.В.Соромотин [и др.] // Научный

вестник ЯНАО. Экология Ямало-Ненецкого автономного округа. –2017. - № 3 (96). – С. 42-46.

40. Чеботарев А.И. Общая гидрология (воды суши). Учебное пособие. — 2-е издание / А.И. Чеботарев. - Л.:Гидрометеоиздат, 1975. - 530 с.
41. Чертовский В.Г. Проблемы повышения продуктивности лесов и перехода на непрерывное рациональное лесопользование / В.Г.Чертовский, В.А.Семенов // Лесной журнал. - 1984. - №3. – с.131.

Интернет источники

42. <http://biofile.ru/geo/3318.html>
43. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/mon1.html>
44. <http://www.nadymregion.ru/nadym-raion/nature/geography.php>
45. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1037258>
46. <https://www.lar.com/ru/produkty/toc-analiz/toc-obshchii-organicheskii-uglerod.html>
47. <https://yandex.ru/images/search?text=кондуктометр%20солемер%20сом>
48. <https://yandex.ru/images/search?text=овп%20метр%20-200>
49. <https://yandex.ru/images/search?text=рн%20метр%20рн-200>
50. <https://yandex.ru/maps/>

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Картограмма озерных районов Западно-Сибирской равнины

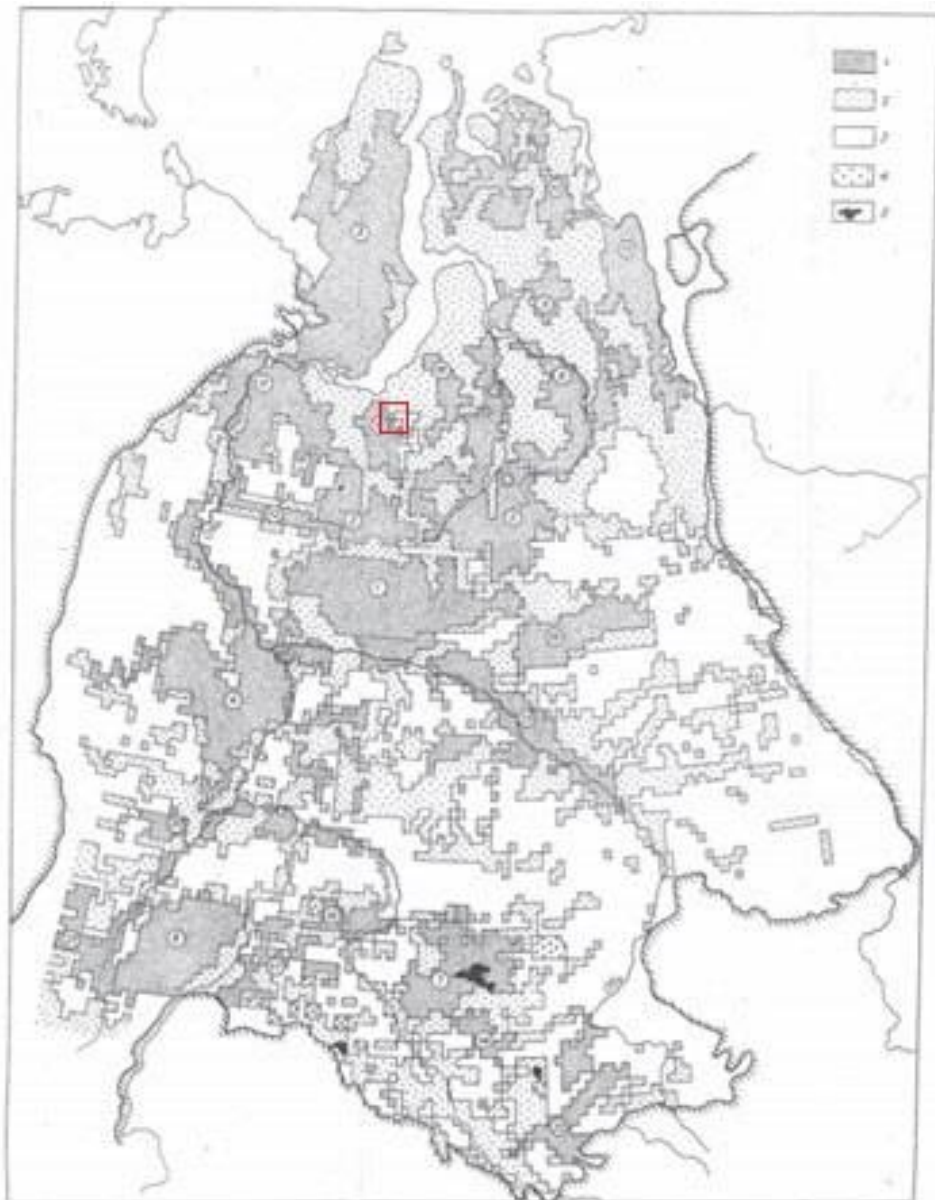


Рисунок А.1- Картограмма озерных районов Западно-Сибирской равнины [38]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Водосборная площадь озера Голубое 1

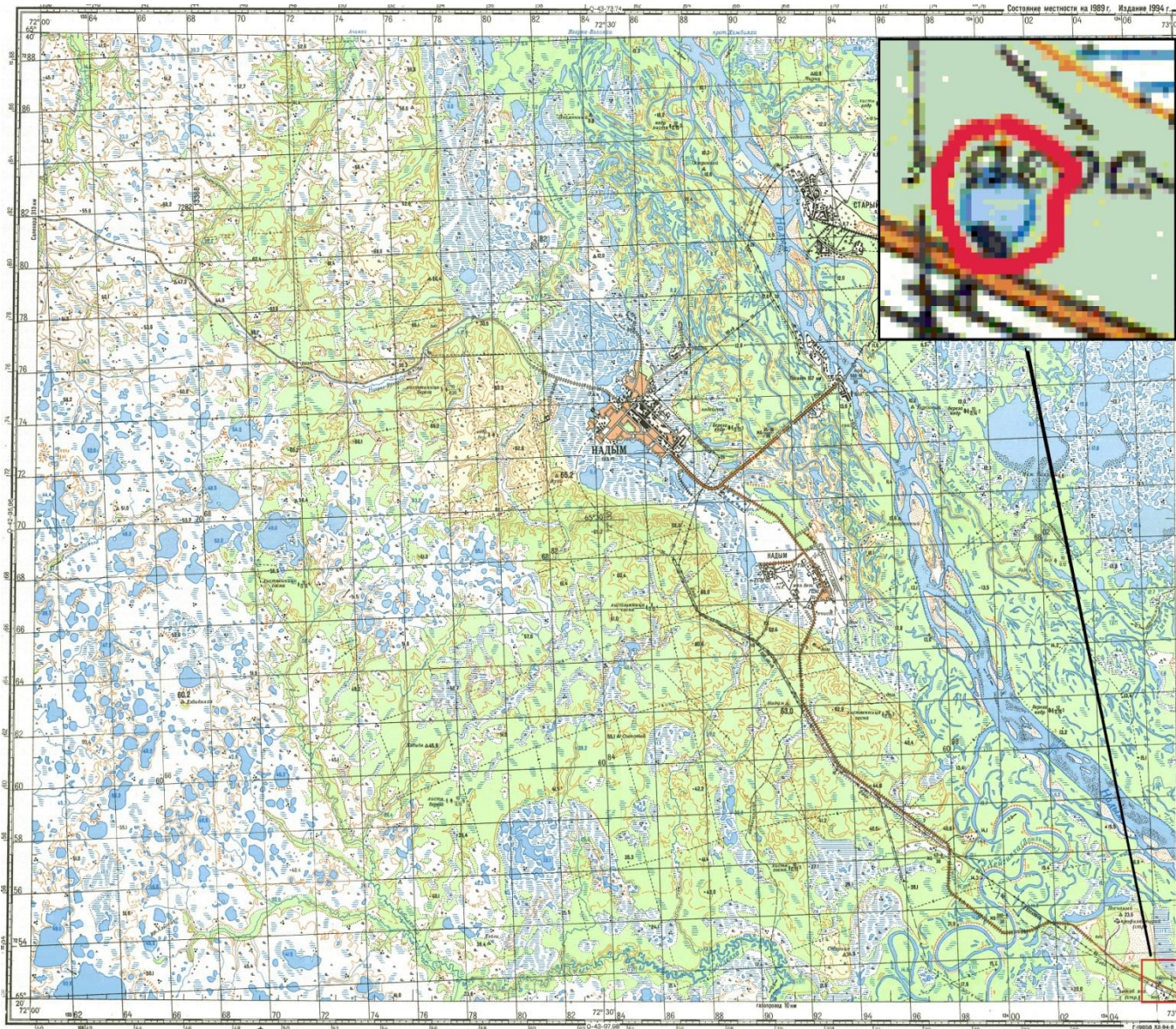


Рисунок Б.1 - Водосборная площадь озера Голубое 1 [Карта 100к-q43-085_086]

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Водосборная площадь озера Голубое 2

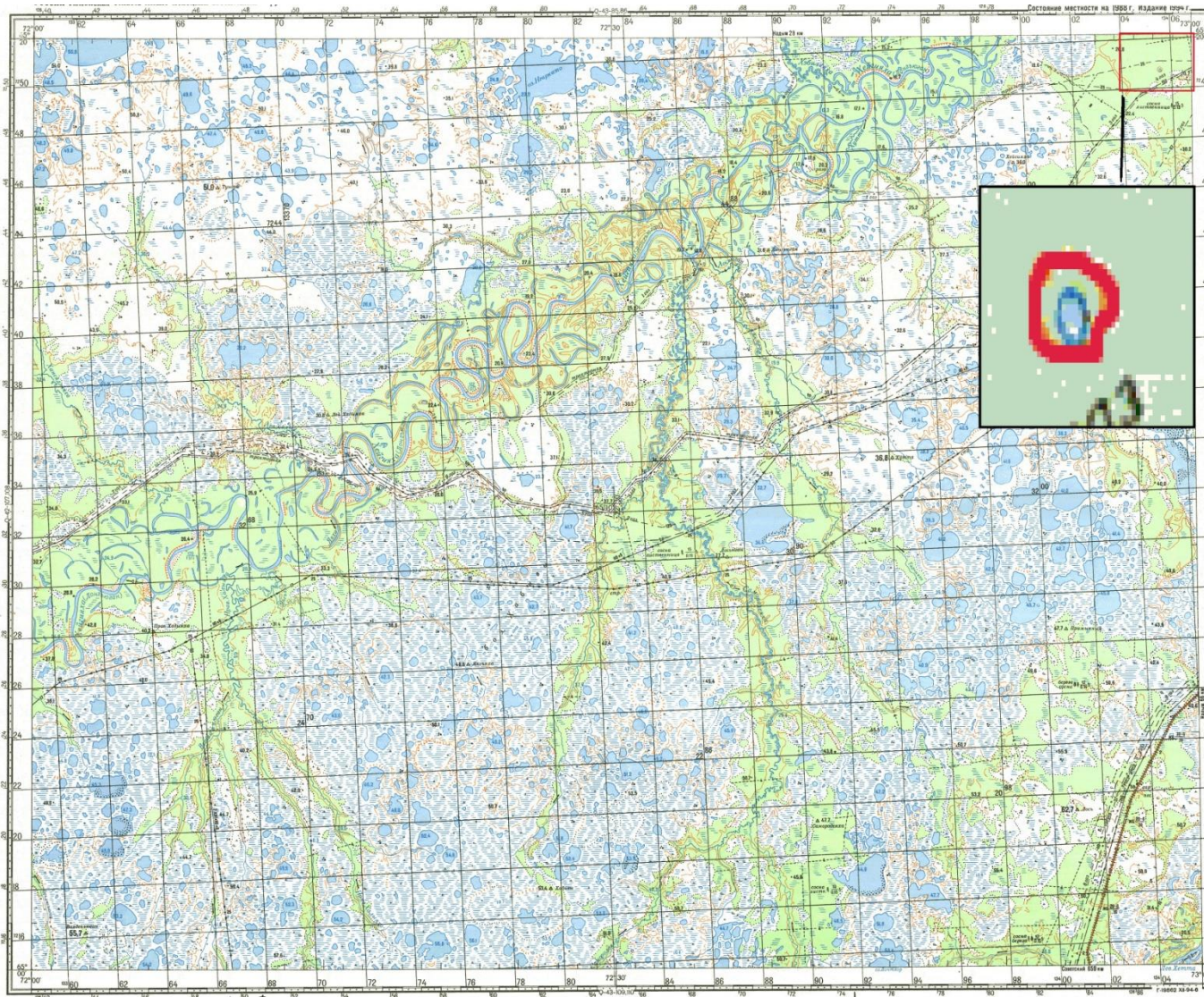


Рисунок В.1 - Водосборная площадь озера Голубое 2 [Карта 100к-q43-097_098]

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Водосборная площадь озера Голубое 3

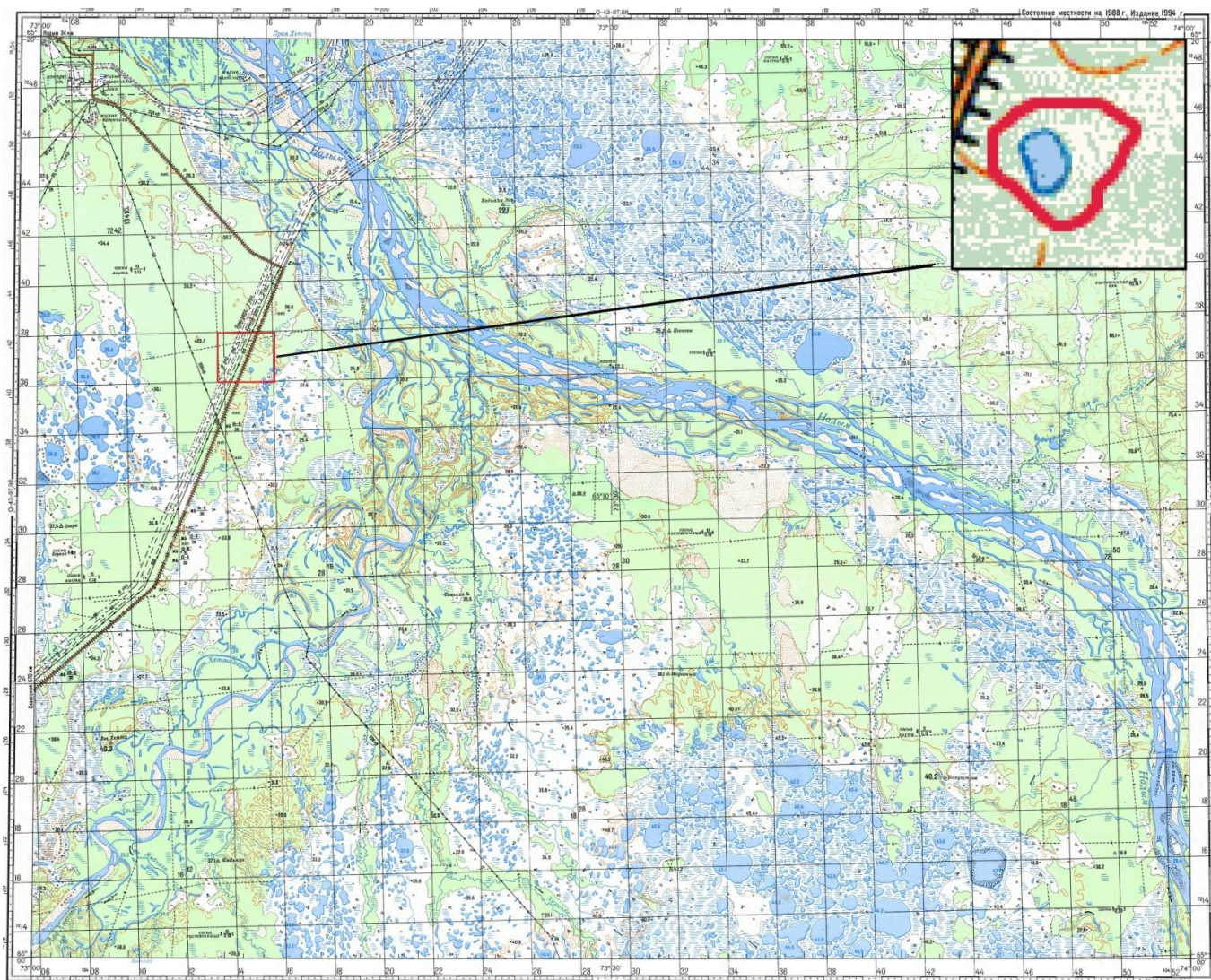


Рисунок Г.1 - Водосборная площадь озера Голубое 3 [Карта 100k-q43-099_100_]

Водосборная площадь озера «Старица»

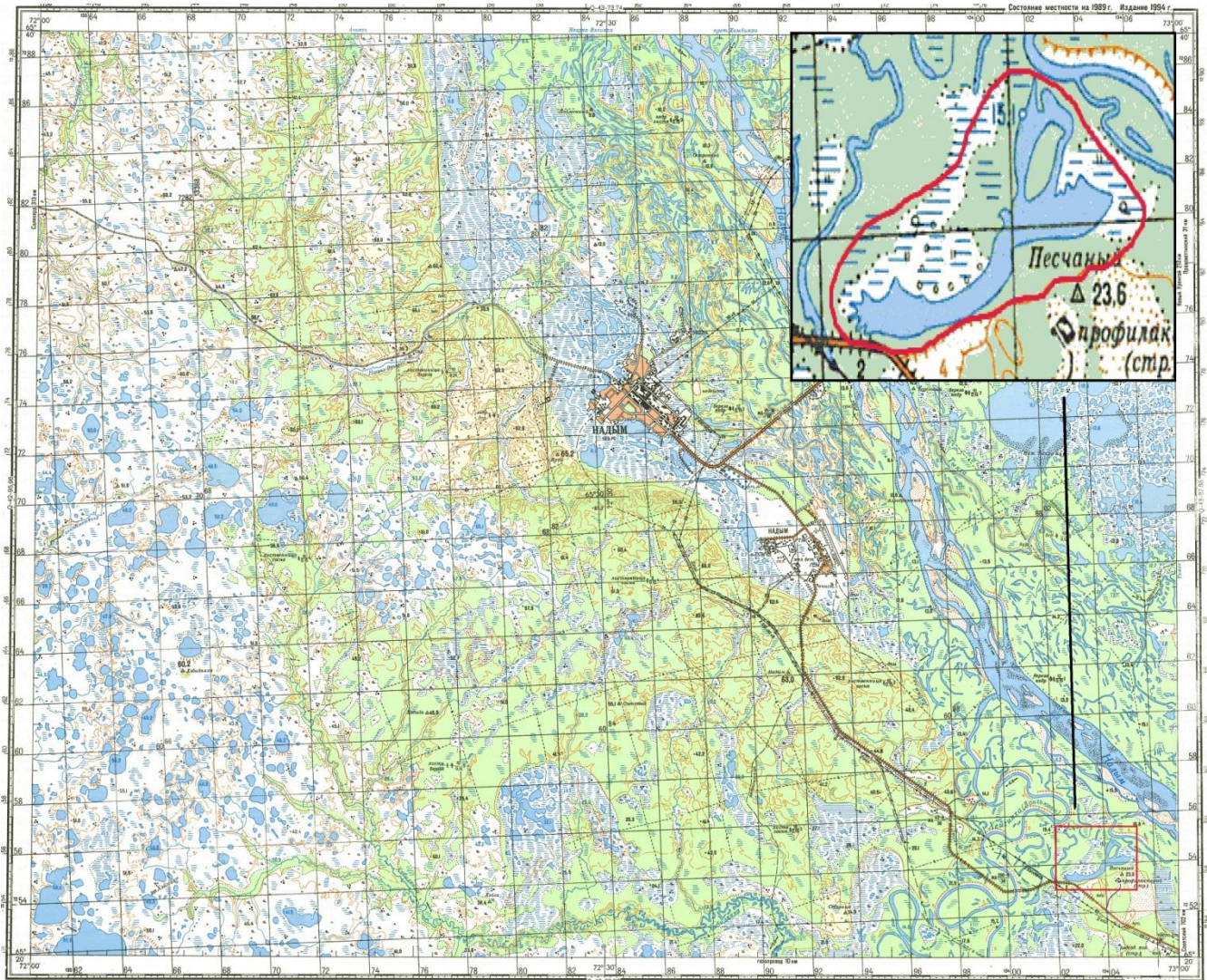


Рисунок Д.1 - Водосборная площадь озера «Старица» [Карта 100к-q43-085_086_]

Водосборная площадь Озеро 1

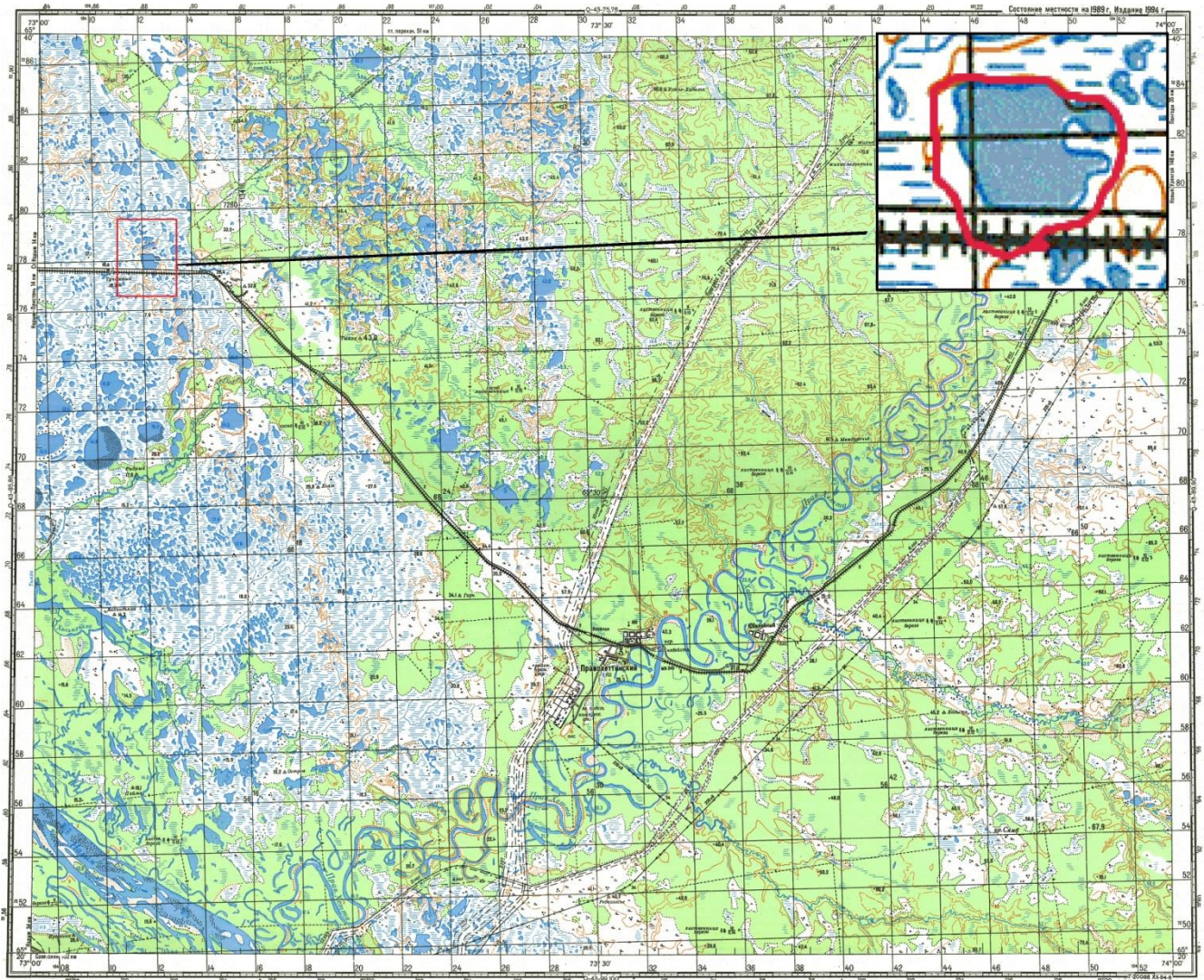


Рисунок Е.1 - Водосборная площадь Озеро 1 [Карта 100к-q43-087_088_]

Водосборная площадь Озеро 2

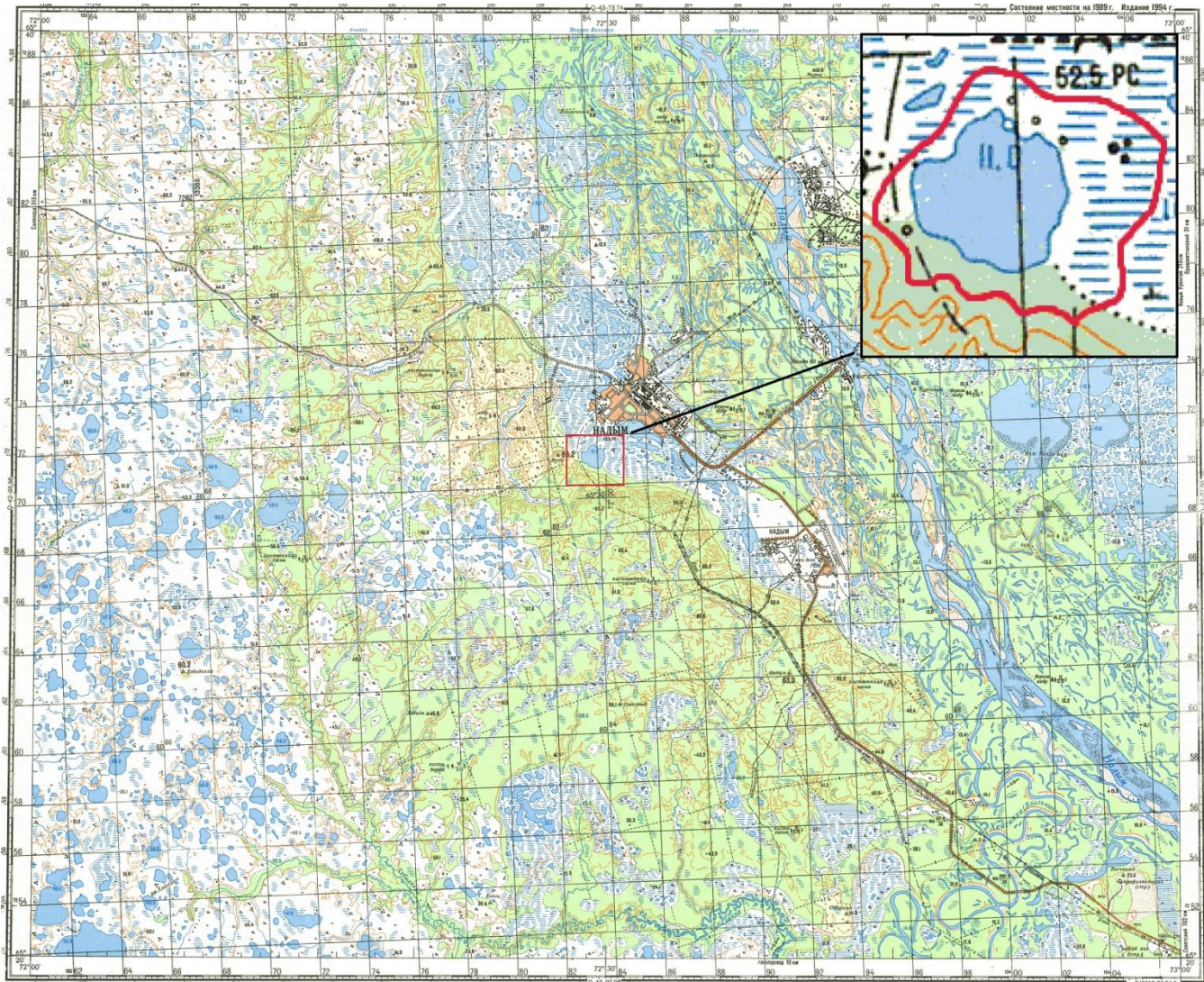


Рисунок Ж.1 - Водосборная площадь Озеро 2 [Карта 100к-q43-085_086_]

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Гидрохимические показатели озерных вод и осадков

Таблица И.1 - Гидрохимические показатели озерных вод и осадков

№	Объект	pH, ед.рН	УЭП, мкСм/см	Раст.О ₂ , мгО ₂ /дм ³	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	ПО, мгО/дм ³	ТОС, мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	Mn, мкг/дм ³	K, мг/дм ³	Na, мг/дм ³	Mg, мг/дм ³	Ca, мг/дм ³	HCO ₃ , мг/дм ³	SO ₄ , мг/дм ³	Cl, мг/дм ³
1	Озеро "Старица" (пов.)	5,72	91	7,3	0,12	98	3,6	0,55	0,06	7,7	27,1	60,2	156,6	2,56	6,07	4,41
2	Озеро "Старица" (дно)	5,69	175	6,6	0,10	102	2,9	0,40	0,19	19,8	25,2	8,9	31,6	3,54	13,08	4,99
3	Озеро 1 (пов.)	5,88	213	4,0	0,10	106	7,9	1,15	0,61	10,5	37,8	28,2	112,8	7,69	25,38	3,76
4	Озеро 1 (дно)	5,91	239	3,4	0,09	108	6,9	0,87	0,40	2,0	39,5	29,8	83,3	8,79	21,97	3,61
5	Озеро 2 (пов.)	6,47	409	6,5	0,24	121	8,7	0,97	0,32	20,9	98,2	68,1	212,4	17,21	17,18	4,34
6	Озеро 2 (дно)	6,40	424	4,9	0,26	111	9,0	1,73	0,83	28,9	68,9	66,6	178,8	17,94	22,88	3,76
7	Голубое 1(пов.)	5,51	71	7,9	0,06	47	0,1	0,29	0,17	6,9	3,7	39,7	52,0	1,46	10,10	5,71
8	Голубое 1 (дно)	5,32	72	7,4	0,07	40	1,3	1,27	0,12	6,8	6,4	9,3	36,4	2,32	9,68	3,83
9	Голубое 2 (пов.)	5,29	47	7,8	0,06	33	0,9	0,09	0,10	6,2	11,5	12,5	32,5	1,46	15,72	3,69
10	Голубое 2 (дно)	5,18	63	6,3	0,06	46	1,0	0,35	0,05	0,1	27,0	11,8	46,7	1,34	12,74	5,13
11	Голубое 3 (пов.)	5,39	62	7,2	0,07	70	1,1	0,30	0,30	1,5	11,9	10,9	36,8	1,83	22,53	3,47
12	Голубое 3 (дно)	5,40	89	5,2	0,13	75	0,9	0,37	1,13	9,6	3,1	13,6	63,4	2,68	18,15	3,83
13	Осадки	5,42	99	4,7	0,07	77	2,8	0,15	0,43	12,1	9,1	9,1	36,7	0,49	20,51	4,34
14	Осадки	4,70	104	3,9	0,12	99	4,1	0,33	0,56	14,6	2,1	14,4	58,2	0,12	15,79	4,41

Источник: [составлено автором]