МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ И ХИМИИ

Антропогенное воздействие на озеро Тургояк и его современное гидрологическое состояние

Выпускная квалификационная работа по направлению
05.03.06 Экология и природопользование
Направленность программы бакалавриата
«Природопользование»
Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:
93,37 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
«15» 05 2026 г.
Зав. кафедрой географии, биологии и химии
_____ Малаев А.В.

Выполнила:
Студентка группы ОФ-423/058-4-1
Бородина Анна Владимировна
_____

Научный руководитель:
кандидат географических наук, доцент
_____ Захаров Сергей Геннадьевич

Челябинск

2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ……..7

1.1 Географическое положение……..7

1.2 Геологическое строение и рельеф……..11

1.3 Климатические особенности бассейна озера Тургояк…….13

1.4 Гидрографическая сеть……...16

1.5 Почвенно-растительный покров и ландшафты……20

Выводы по 1 главе…….21

ГЛАВА 2. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА ТУРГОЯК……..23

2.1 Методика и материалы исследования……23

2.2 Гидрологический режим…….26

2.3 Гидрохимический режим……29

Выводы по 2 главе…….36

ГЛАВА 3. ГИДРО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ТУРГОЯК……..38

3.1 Антропогенное воздействие на озеро……38

3.2 Рекреационная нагрузка на побережье и озеро……41

3.3 Гидроэкологическое состояние водных масс и прогноз качества воды.57

3.4 Рекомендации по снижению антропогенной нагрузки и охране озера Тургояк……59

Выводы по 3 главе……..61

ЗАКЛЮЧЕНИЕ……....63

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ…….……..…66

ПРИЛОЖЕНИЯ…….....73

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Тургояк, являющееся природным памятником и жемчужиной Южного Урала, представляет собой уникальный природный объект, в т.ч. для гидрологических и экологических исследований. Его ценность обусловлена исключительными характеристиками: олиготрофностью, значительной глубиной, высоким объемом чистой пресной воды. Однако именно эти уникальные свойства делают экосистему озера чрезвычайно уязвимой к внешним воздействиям.

Последнее столетие, особенно период активного промышленного освоения Урала (с 1951 г.), стало временем непрерывного антропогенного воздействия на уязвимую экосистему озера Тургояк. Исторически сложившийся комплекс воздействий включает длительный промышленный водозабор, рекреационное освоение береговой линии, а также диффузное загрязнение с водосборной площади. Эти факторы оказывают прямое и косвенное влияние на ключевые гидрологические параметры: уровенный и термический режим, элементы водного и гидрохимического баланса, что в совокупности определяет современное гидроэкологическое состояние водоема. В этой связи комплексная оценка озера приобретает особую актуальность.

Целью выпускной квалификационной работы стала комплексная оценка антропогенного воздействия на озеро Тургояк и его современного гидрологического состояния.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Дать комплексную физико-географическую характеристику района исследования с акцентом на особенности водосборного бассейна озера Тургояк;
2. Проанализировать многолетнюю динамику и структуру основных видов антропогенного воздействия на озеро;

3. Охарактеризовать современный гидрологический и гидрохимический режим озера;

4. Оценить современное гидроэкологическое состояние озера Тургояк по ключевым показателям качества воды и трофического статуса и предложить рекомендации по сохранению водоема.

Объект исследования: озеро Тургояк и его водосборный бассейн как многофункциональная рекреационная система.

Предмет исследования: антропогенные воздействия и их влияние на гидрологический режим и гидроэкологическое состояние и качество воды озера Тургояк.

Методы исследования: общенаучные методы анализа и синтеза, метод полевых наблюдений, частные методы гидрохимического анализа, сравнительно-географический и историко-географический подходы.

Степень научной разработанности проблемы. Изучению озера Тургояк посвящены работы многих исследователей. Фундаментальные физико-географические и гидрологические характеристики были заложены в трудах ученых В.Н. Сементовского, М.А. Андреевой, Л.Л. Россолимо, Л.Е. Черняевой, В.А. Ткачева и др. Современные аспекты антропогенного воздействия и экологического состояния освещаются в работах С.Г. Захарова, С.А. Белова, Л.Р. Косаревой, А.В. Масленниковой и др.

Несмотря на значительный объем накопленных данных, малоизученным остается вопрос о количественном вкладе различных видов воздействия в изменение трофического статуса и качества вод озера.

Научная новизна работы заключается в получении новых данных по состоянию гидрологических (в т. ч. гидрохимических и гидроэкологических) характеристик озера Тургояк в 2023-2025 гг. в период сезонных экстремумов развития озерной экосистемы.

Практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы:

- Администрацией проектируемого природного парка «Тургояк» и

Министерством экологии Челябинской области для актуализации планов управления и мониторинга;

- При разработке проектов рекреационного обустройства и оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) новых объектов в пределах водосбора;

- В учебном процессе ВУЗов при подготовке специалистов естественно-научного профиля;

- В качестве информационной основы для эколого-просветительской деятельности.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследования были представлены на V Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала», г. Челябинск, 2024 г.; на II Всероссийском конкурсе студенческих исследовательских и проектных работ «География без границ», г. Саранск, 2026 г. (1 место по секции «Гидрометеорология») и др.

По результатам исследования имеются две публикации [15;16], учитываемые РИНЦ, в т.ч. 1 публикация в журнале списка ВАК [16].

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю – кандидату географических наук, доценту Сергею Геннадьевичу Захарову – за постановку цели и задач исследования, ценные методические рекомендации, помощь в организации и проведении полевых работ, консультации при интерпретации гидрологических и гидрохимических данных, а также за внимательное руководство на всех этапах подготовки выпускной квалификационной работы.

Автор также благодарит коллектив кафедры географии, биологии и химии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» за создание благоприятной научной среды и возможность апробации результатов работы на конференциях различного уровня.

Структура работы обусловлена целью и задачами исследования.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 78 страницах машинописного текста, содержит 23 рисунка, 8 таблиц и 3 приложения.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Географическое положение

Озеро Тургояк является одним из наиболее значимых и известных водоёмов Южного Урала, обладающим статусом памятника природы регионального значения с 1969 г. [10].

В соответствии с действующими нормативными актами, граница охранной зоны составляет не менее 100 метров от уреза воды. Дополнительные меры охраны были закреплены Постановлением Правительства Челябинской области от 23.03.2007 № 62-п, подтвердившим его статус гидрологического памятника природы (Рис. 1) [33].

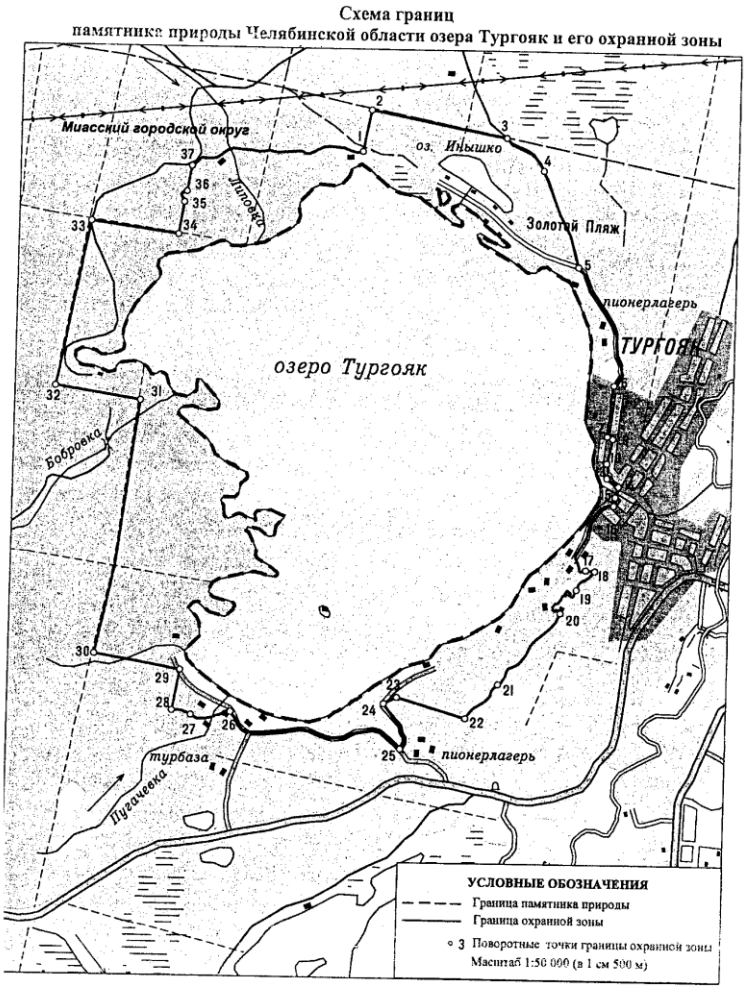


Рисунок 1 – Схема границ памятника природы Челябинской области озера Тургояк и его охранной зоны [31]

Озеро внесено в список 100 ценнейших водоемов мира Международной лимнологической ассоциацией АКВА. В конце 2018 года Международный координационный совет Международного фонда ЮНЕСКО принял решение о создании биосферного резервата «Горный Урал» и включил в него озеро Тургояк с целью сохранения баланса между активным использованием биоресурсов и сохранением уникальности экосистемы. В России озеро включено в картотеку примечательных ландшафтов страны (Рис. 2) [5].



Рисунок 2 – Озеро Тургояк, Челябинская область (Фото автора, 2026 г.)

Географическое положение озера определяет его уникальные природные характеристики и высокий рекреационный потенциал, одновременно делая уязвимым к антропогенному воздействию со стороны близлежащего крупного промышленного центра.

Озеро расположено в западной части Челябинской области, в верхней части бассейна реки Миасс в глубокой котловине между хребтами Урал-Тау и Ильменским на высоте 319,4 м над уровнем моря в 2 км севернее станции Тургояк у западных подножий Ильменских гор, административно находится на территории Миасского городского округа. Географические

координаты озера: 55°09'32" северной широты и 60°04'32" восточной долготы [41].

В физико-географическом отношении озеро Тургояк находится на территории Южно-Уральской горной страны, в пределах Западно-Уральской возвышенной провинции. Более точно, оно расположено в горно-лесной зоне Южного Урала, в области развития низкогорных и мелкосопочных ландшафтов, сложенных древними кристаллическими породами.

Расстояние от г. Челябинска составляет приблизительно 110 км к западу.

Озеро непосредственно примыкает к северо-восточной окраине города Миасса (Рис. 3). Такая близость к крупному промышленному центру исторически и на современном этапе является ключевым фактором антропогенной нагрузки.

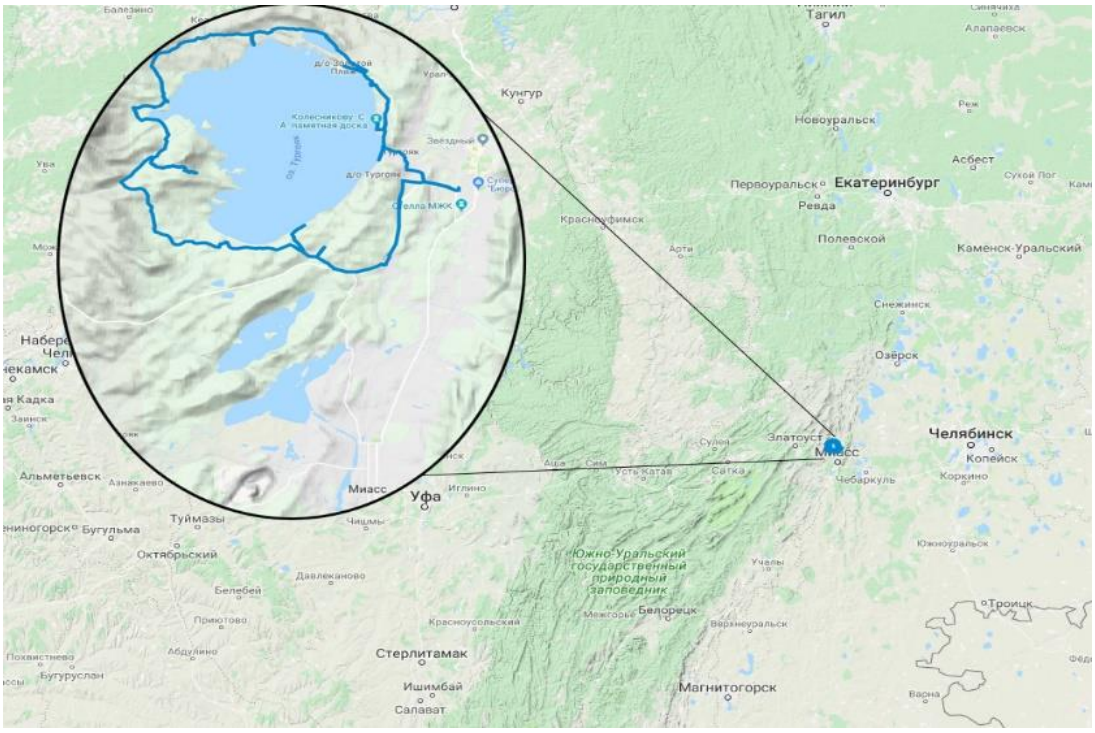


Рисунок 3 – Схема расположения озера Тургояк

Тургояк входит в систему так называемого «озёрного пояса» восточного склона Южного Урала. В непосредственной близости (в радиусе 10-15 км) расположены другие известные озёра рекреационного

назначения: оз. Увильды (к северо-западу), оз. Ильменское (к югу), оз. Большой Кисегач (к юго-востоку) (Рис. 4).

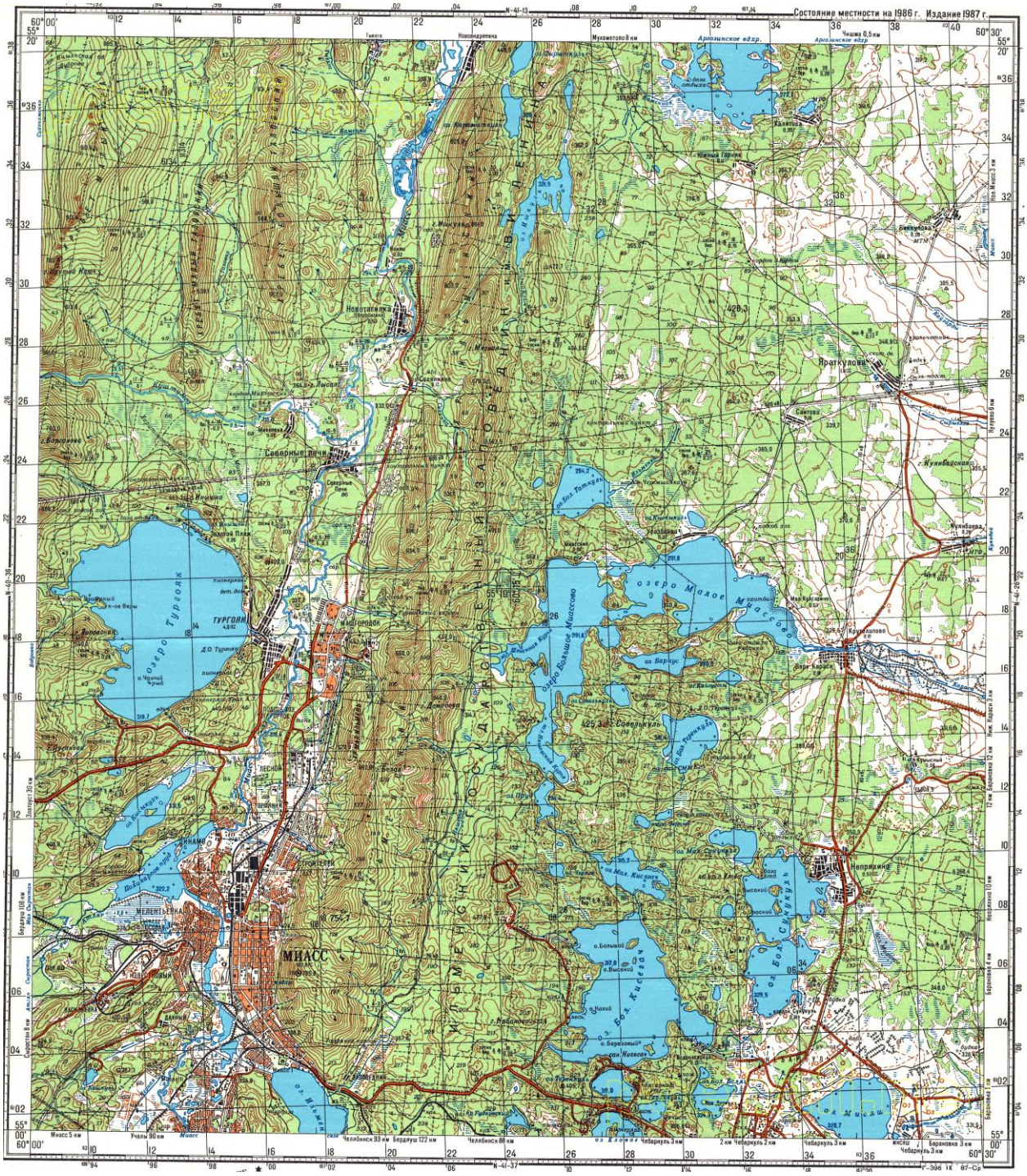


Рисунок 4 – Обзорная карта окрестностей озера Тургояк [20]

1.2 Геологическое строение и рельеф

Озеро Тургояк расположено в зоне сочленения Центрально-Уральского и Восточно-Уральского поднятий, разделенных Главным Уральским глубинным разломом (ГУГР). Данная территория характеризуется сложной блоковой структурой, сформированной в результате взаимодействия Уральской складчатой системы и Западно-Сибирской плиты [26].

Озерная котловина тектонического происхождения расположена на территории Тургоякского гранитоидного массива, представляющего собой шток округлой формы. Она образовалась около 2 млн лет назад в результате опускания блока земной коры в период завершающих этапов горообразования Урала. Котловина озера имеет почти правильную округлую форму с диаметром около 8 км, за исключением западной части, где береговая линия заметно изрезана отрогами Уральского хребта [4].

Центральная часть озера имеет уникальное строение – здесь расположены 3 отдельных подводных поднятия, южное из которых выходит на поверхность (о. Чайки). Происхождение этого образования может быть связано с тектоническими движениями и с аккумулятивными процессами. Особый интерес представляет кольцевая впадина, окружающая центральный холм. Эта депрессия достигает максимальных для озера глубин – до 34 м, формируя характерную чашеобразную структуру дна [4].

Тургоякский массив относится к тургоякско-сыростанскому комплексу (γδC1–2ts) монцодиорит-гранитной формации. Интрузив сложен преимущественно гранодиоритами, реже кварцевыми диоритами и гранитами внедрения. С вмещающими породами массив имеет интрузивные контакты, что выражается в их ороговиковании и превращении в мелкозернистые амфиболовые роговики [45;48].

Амфибол-биотитовые гранодиориты представляют собой

преимущественно гнейсовидные, часто порфировидные породы, состоящие из плагиоклаза, калиевого полевого шпата (микроклин-пертита), кварца, биотита, амфибола (роговой обманки) и акцессорных минералов (сфен, апатит, эпидот, гранат, циркон, пирит, магнетит). Граниты сложены биотитовыми, реже амфибол-биотитовыми разностями в состав которых входят: олигоклаз, микроклин или ортоклаз, кварц, биотит, роговая обманка и акцессорные минералы – сфен, эпидот, апатит, гранат, пирит. Породы Тургоякского интрузива характеризуются повышенной щелочностью [45; 51; 52].

Геологический разрез района представлен:

- древними кристаллическими породами (граниты, гнейсы);
- метаморфическими комплексами (кварциты, слюдистые сланцы);
- современными озерными отложениями мощностью до 8 м (Рис. 5) [26].

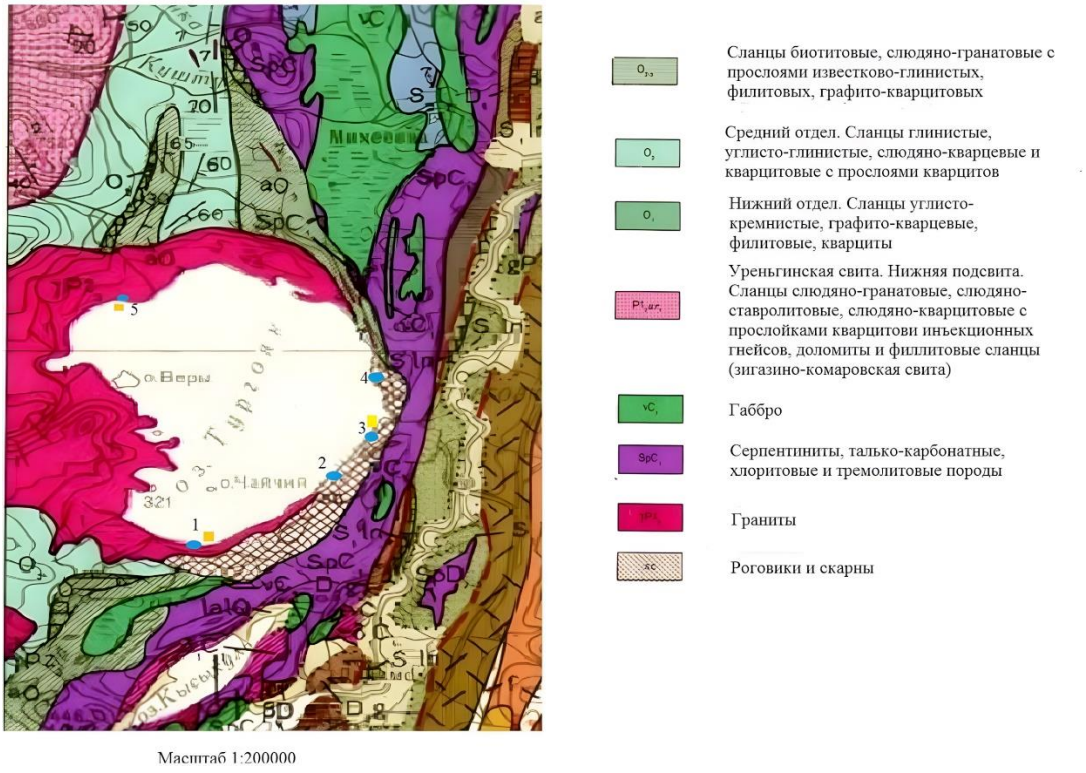


Рисунок 5 – Обзорная карта окрестностей озера Тургояк [5]

Особенностью рельефа является также асимметричность – западный склон, сложенный гранитами, более крутой по сравнению с восточным. Это связано с различиями в литологии береговых пород и тектонической

историей формирования котловины. В западной части озеро имеет неровную изрезанную береговую линию с множеством мысов и заливов. Западные и особенно восточные берега высокие, зачастую обрывистые, высотой до 50–100 м [14].

По данным сейсмоакустических исследований дно неровное, расчленено выходами подводных гряд и гольцов, самые крупные из которых поднимаются в виде островов. В зависимости от высоты уровня воды насчитываются от 10 до 12 островов. Наиболее крупные из них – острова Веры (Пинаевский), Крестовый и Змеиный – при малой воде превращаются в полуострова. Выделяются острова Большой, Малый Инышёвский, соединяющиеся между собой при снижении уровня воды, и о. Чайки [19].

1.3 Климатические особенности бассейна озера Тургояк

Озеро Тургояк расположено в пределах горно-лесной провинции Челябинской области, что определяет специфику его климатических условий, существенно отличающихся от равнинных территорий региона. Климат района умеренно континентальный, с заметным влиянием горного рельефа, что выражается в повышенном количестве осадков, более резких температурных контрастах по склонам и котловинам, а также в формировании местных циркуляций.

Среднегодовая температура воздуха составляет около +1,0°С...+1,5°С. Зима продолжительная и умеренно холодная: средняя температура января колеблется в пределах -14°С...-16°. Абсолютный минимум может опускаться ниже -40°С, особенно в условиях температурных инверсий, характерных для замкнутых котловин. Лето короткое и прохладное, со средней температурой июля +16°С...+18°С, хотя в дневные часы воздух может прогреваться до +25º ...+30°С. Абсолютный максимум достигает +35°С...+38°С, но жаркая погода носит неустойчивый

характер [11; 43].

Территория относится к зоне достаточного и избыточного увлажнения. Годовое количество осадков составляет 500–650 мм, с четко выраженным летним максимумом, когда часты ливневые дожди.

Состав озерных осадков формируется как за счет аллохтонного материала, так и за счет компонентов водной толщи. К таким основным компонентам относятся растворенные газы, растворенные твердые вещества, взвешенные твердые вещества и взвешенные организмы. Исследования кернов донных отложений озера Тургояк подтверждают их сложный вещественный состав [24; 28].

Режим ветров в области формируется под влиянием расположения ключевых барических центров и меняется из-за особенностей рельефа. С января по май преобладают южные и юго-западные ветры со средней скоростью 3–4 м/с, при метелях она может достигать 16–28 м/с. В летние месяцы (июнь–август) преобладают западные и северо-западные потоки; средняя скорость не растёт, однако при грозах возможны кратковременные шквалы до 16–25 м/с. В сентябре–декабре ветер вновь переходит на южные и юго-западные направления: средняя скорость около 3 м/с, максимальная – 18–28 м/с [49].

Однако в акватории озера и на открытых участках рельефа ветровой режим может быть более интенсивным, вызывая значительное волнение.

Сезонная динамика климата определяет гидрологический режим озера. Зима (ноябрь–март) характеризуется устойчивым ледоставом продолжительностью 150–160 дней; толщина льда достигает 60–90 см, а температура воды подо льдом сохраняется в пределах +1°C...+3°C. Динамика ледовых явлений в прибрежной зоне озера Тургояк отличается рядом специфических особенностей, обусловленных значительной глубиной водоема и его микроклиматическими условиями. Наиболее характерной чертой является выраженная асинхронность ледовых процессов по сравнению с другими водоемами региона. Замерзание озера

начинается значительно позже – на 10-15 дней позднее, чем на мелководных водоемах Челябинской области, что связано с большой теплоемкостью водной массы и продолжающимися конвективными процессами в толще воды. Вскрытие ледового покрова, напротив, происходит на 7-12 дней раньше, чем на соседних водоемах, благодаря аккумуляции тепла в глубоководных слоях и воздействию подводных ключей [23].

Весна (апрель–май) затяжная, с интенсивным снеготаянием, которое обеспечивает основной приток в озеро и вызывает весенний подъем уровня. Вскрытие водоема ото льда происходит в конце апреля – начале мая. Лето (июнь–август) умеренно теплое и формирует четкую термическую стратификацию водной массы: эпилимнион (поверхностный слой) прогревается до +18°C...+22°C, тогда как гиполимнион (придонные воды) даже в пик сезона не нагревается выше +4°C...+6°C.

Период, когда вода прогревается выше +18 °C и купание комфортно, длится относительно недолго – от 45 до 60 дней. Осенью (сентябрь–октябрь) вода быстро остывает, наступает осенняя гомотермия: температура выравнивается по всей толще и составляет +5…+7 °C. Замерзание водоёмов (ледостав) обычно происходит в первой или второй декаде ноября [22].

Климатические условия горно-лесной провинции оказывают двойственное влияние на рекреационный потенциал и экологическое состояние Тургояка. С одной стороны, чистый воздух, живописность ландшафтов и летняя прохлада создают благоприятные предпосылки для оздоровительного отдыха. С другой – короткий купальный сезон, вероятность прохладной погоды, сильные ветра, вызывающие штормовое волнение, выступают в качестве естественных лимитирующих факторов.

В гидроэкологическом аспекте достаточное увлажнение и низкие температуры глубинных вод способствуют поддержанию стабильного водного баланса и замедляют процессы эвтрофирования, что исторически

помогло сохранить олиготрофный статус водоема. Однако наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения, проявляющиеся в учащении экстремальных явлений (волны жары, засухи, интенсивные ливни), могут стать серьезным дестабилизирующим фактором для хрупкой экосистемы озера, усиливая существующие антропогенные риски.

1.4 Гидрографическая сеть

Озеро Тургояк относится к бассейну реки Миасс, являясь одним из её истоков. Через короткую протоку озеро соединяется с рекой Миасс, которая впадает в реку Исеть, затем в Тобол, Иртыш и Обь, относя водоём к бассейну Северного Ледовитого океана. Гидрографическая сеть района озера Тургояк характеризуется маловодностью и доминированием подземного стока.

Поверхностные притоки озера немногочисленны, маловодны и носят эпизодический или сезонный характер. Это, как правило, мелкие ручьи и временные водотоки (логи), дренирующие склоны окружающих хребтов. Их питание осуществляется преимущественно за счет талых снеговых вод весной и ливневых стоков летом. В засушливые периоды многие из этих водотоков пересыхают. Наиболее значимым постоянным поверхностным притоком является ручей Лиственный, впадающий в озеро с севера, однако его водность также невелика и сильно зависит от сезона.

По морфометрическим показателям озеро Тургояк относится к категории среднеразмерных водоёмов с площадью водного зеркала 26,4 км², однако отличается значительными глубинами – средняя глубина составляет 19,2 м [1], максимальная достигает от 34 м [1] до 32,5 м [14].

Площадь водосбора озера составляет 49 км^2, водосбор имеет протяженность с севера на юг 12,5 км, с востока на запад - 11,0 км [33].

Водосборный бассейн озера площадью имеет асимметричную форму. Объем водной массы составляет 507 млн м^3. Наивысшая точка водосбора

создает значительный перепад высот относительно урезов воды (320-340 м н.у.м.), что обуславливает интенсивные процессы склонового стока [5].

Особый гидрологический режим озера определяется преимущественным питанием за счёт грунтовых вод, что в сочетании с атмосферными осадками и поверхностным стоком формирует устойчивый гидрологический режим [33].

Качество воды характеризуется как пресное (минерализация 124 – 155 мг/л) с исключительной прозрачностью (10-17,5 м по белому диску), что связано с эффективными процессами самоочищения и ограниченным антропогенным воздействием [14].

Морфометрия береговой линии (протяжённость около 40 км) отличается значительным разнообразием: чередуются аккумулятивные формы с кварцевыми песками и галечными пляжами, абразионные участки со скальными выходами и биогенные комплексы с прибрежной древесной растительностью.

Гидрографическая сеть бассейна представлена постоянными водотоками – реками Липовка, Моховая, Бобровка, Кулешовка и Пугачёвка суммарной протяжённостью 15,2 км, а также временными ручьями, образующимися в период снеготаяния (Рис. 6).

Наибольшая площадь водосборной области 17,1 км² соответствует бассейну реки Бобровка, расположенному с западной стороны. Площадь водосборной области рек Пугачевка и Кулешовка составляет 12,9 км². Водосбор расположен на юго-западе С северо-западной стороны расположены водосборные области рек Моховая и Липовка. Площади их водосборных территорий составляют 3,73 км² и 6,7 км², соответственно. Водосборная область реки Липовка площадью 5,64 км² [50].

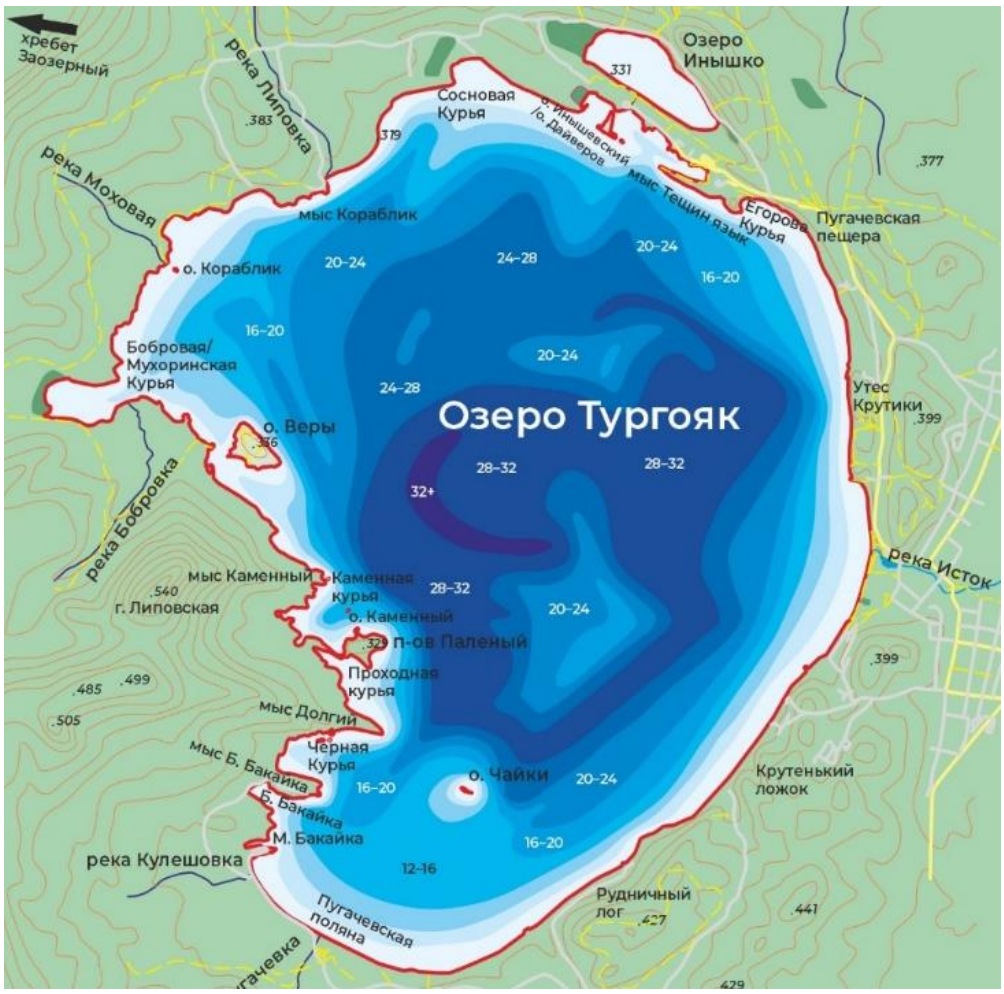


Рисунок 6 – Гидрографическая схема водосбора озера Тургояк

Особый интерес представляет гидрологическая связь озера Тургояк с расположенным в том же бассейне озером Инышко. Ширина покрытого сосновым бором сухопутного перешейка между ними составляет 200 – 250 метров. Озеро Инышко представляет собой небольшой водоём площадью около 0,32 км² со средней глубиной 2-3 метра и максимальной до 5 метров, имеющий, по некоторым данным, тектоническое происхождение [35].

Из-за илистого дна вода озера имеет бурый оттенок. Дно состоит из нескольких ярусов: нижнее дно представлено илом и песком, верхнее – торфом. Юго-восточный берег озера является единственным заболоченным участком.

По уровню водного зеркала озеро Инышко расположено, по некоторым данным, на 20 метров выше Тургояка. При этом гидравлическая связь Инышко – Тургояк непостоянна [42].

В дискуссии о наличии гидравлической связи между озёрами Тургояк и Инышко нередко приводятся наблюдения, согласно которых отмечена миграция специально помеченных рыб из оз. Инышко в оз. Тургояк [34; 39].

Поразительным является тот факт, что, несмотря на косвенные доказательства гидравлической связи, гидрохимический состав вод озер Тургояк и Инышко существенно различается – как по минеральному составу, так и по содержанию микроорганизмов. Таким образом, озера Тургояк и Инышко представляют собой уникальную гидрологическую систему с эпизодической связью, механизм которой требует дальнейшего детального изучения.

Если связь с озером Инышко носит эпизодический характер, то вытекающая река Исток представляет собой, по морфологии, постоянный поверхностный водоток, осуществляющий сток из озера (Рис. 6).

Река Исток берёт начало в северо-восточной части Тургояка и течёт в северном направлении, впадая в реку Миасс. Однако в засушливые годы фактический сток по реке может практически прекращаться [19]: сокращается приток воды в озеро (осадки, грунтовые воды, малые притоки), при этом испарение с его поверхности и фильтрация через дно остаются значительными. В результате уровень озера падает ниже уреза р. Исток, и вода перестает поступать в русло.

В условиях малого водосбора водный баланс озера становится очень чувствительным к многолетним колебаниям увлажненности. Периоды маловодья (как серия засушливых лет 2016 – 2023 гг.) могут приводить к снижению уровня озера и сокращению объема подземного питания, что потенциально влияет на всю экосистему. Напротив, периоды повышенной водности (как 2024 – 2025 гг.) быстро восполняют ресурс.

Слабая проточность (основной сток через реку Миасс регулируется плотиной) в сочетании с антропогенной нагрузкой (рекреация, стоки) создает предпосылки для накопления биогенных веществ (азот, фосфор) в

озере. Естественный вынос этих элементов со стоком незначителен, что увеличивает риск эвтрофирования, несмотря на большой объем воды.

1.5 Почвенно-растительный покров и ландшафты

Вся поверхность водосборного бассейна покрыта хвойными и смешанными лесами с абсолютным преобладанием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Особенно выделяются прибрежные территории, где свыше 90% древостоя составляют сосняки, образующие живописные боры, непосредственно подступающие к урезу воды. Эти лесные массивы относятся к подзоне сосново-березовых лесов, характерной для данного региона.

Почвенный покров территории отличается значительным разнообразием, обусловленным сложным горным рельефом и особенностями местного микроклимата. Преобладающими типами почв являются:

- горные серые и темно-серые лесные почвы, формирующиеся под хвойными и смешанными лесами;
- дерново-подзолистые разновидности, характерные для участков с травяно-моховым покровом;
- аллювиальные почвы речных пойм.

Почвообразовательные процессы в этом регионе протекают в специфических условиях, определяемых тремя основными факторами: значительной залесенностью территории, выраженным горным рельефом и влажным прохладным климатом. Это приводит к формированию маломощных щебнисто-дресвяных почвенных профилей с низким содержанием гумуса.

Растительный покров водосборного бассейна и побережья озера Тургояк не образует классической высотной поясности, характерной для

крупных горных систем. В пределах исследованной территории выделяются основные типы растительных сообществ (Приложение 1) [13].

Водная растительность озера представлена несколькими уникальными видами, среди которых особого внимания заслуживает белая кувшинка (Nymphaea alba), ошибочно именуемая в некоторых источниках «водолазкой». Это многолетнее водное растение с мощными корневищами (до 2 м длиной) и крупными белыми цветками образует обширные заросли в прибрежной зоне, играя важную роль в экосистеме водоема как место нереста рыб и субстрат для развития водных организмов [25].

Местами встречаются заросли камыша и тростника.

Разнообразие флоры окрестностей Тургояка обусловлено его уникальным положением на границе Европы и Азии, а также сложным горным рельефом, создающим многообразие экологических ниш.

Выводы по 1 главе

Проведенный анализ физико-географических особенностей озера Тургояк и его водосборного бассейна позволяет сделать следующие выводы:

1) Географическое положение водоема вблизи крупного промышленного центра Миасса и высокий рекреационный спрос обусловливают его повышенную уязвимость к антропогенному воздействию;

2) Геологическое строение и рельеф тектонической котловины предопределили уникальные морфометрические характеристики озера: значительные глубины (до 34 м), сложный подводный рельеф и крутые подводные склоны, что способствует интенсивному водообмену и устойчивой термической стратификации;

3) Климатические условия горно-лесной провинции с умеренно континентальным климатом, достаточным увлажнением (500–650 мм осадков в год) и продолжительным ледоставом (150–160 дней) создают естественные предпосылки для поддержания олиготрофного статуса озера;

4) Гидрографическая сеть отличается простотой и маловодностью: водосборный бассейн ограничен (около 72 км²), поверхностные притоки малочисленны, а основное питание (до 60%) осуществляется за счёт грунтовых вод, что является ключевым фактором формирования пресной воды высокой прозрачности;

5) Почвенно-растительный покров характеризуется значительным разнообразием, обусловленным горным рельефом и положением на границе Европы и Азии; преобладают хвойные леса (сосновые боры) и горные лесные почвы.

Полученная комплексная физико-географическая характеристика служит основой для последующего анализа гидрологического режима и оценки антропогенной нагрузки на озеро.

ГЛАВА 2. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА ТУРГОЯК

2.1 Методика и материалы исследования

Для достижения цели и решения поставленных задач был применен комплексный метод полевых наблюдений и лабораторного химического анализа, что является стандартной и признанной методикой в гидрохимии и лимнологии.

Полевые исследования проводились в течение 2023-2025 гг. Выбор сроков наблюдений был обусловлен необходимостью оценки состояния экосистемы в критические фазы ее годового цикла. Отбор проб и измерения выполнялись в два репрезентативных сезона: в конце подледного период (март) и в период максимального развития биологических процессов (август). Мартовские исследования характеризуют состояние водной массы после длительной зимней стагнации при минимальном внешнем поступлении веществ, тогда как августовские показатели отражают последствия летнего антропогенного воздействия и биогенной нагрузки.

Для изучения пространственной неоднородности гидрохимических показателей на озере была организована сеть из 6 ключевых станций, охватывающих как глубоководную часть, так и прибрежные зоны, подверженные антропогенному влиянию (Рис. 8):

Станция 1 – юго-западный залив, зона потенциального влияния рекреационной нагрузки;

Станция 2 – условно фоновая зона, удаленная от явных источников загрязнения;

Станция 3 – северный залив, характеризующийся активным развитием высшей водной растительности;

Станция 4 – центральная глубоководная часть озера (глубины до 30 м), ключевая для изучения вертикальной стратификации;

Станция 5 – южное побережье, район впадения ручья, дренирующего территорию активного строительства рекреационного комплекса;

Станция 6 – юго-восточная прибрежно-рекреационная зона [16].



Рисунок 8 – Картосхема озера Тургояк с точками наблюдения

На каждой станции непосредственно в процессе отбора проб выполнялись измерения гидрофизических параметров. Прозрачность воды определялась визуально с помощью стандартного диска Секки (белый диск диаметром 30 см). Диск опускался в воду с теневой стороны судна до полного исчезновения из виду, фиксировалась глубина (в метрах), на которой диск перестает быть видимым.

Температура и электропроводность измерялись портативным кондуктометром Hanna 98311. Прибор калибровался перед каждым выездом.

Электропроводность фиксировалась в микросименсах на сантиметр

(мкСм/см) и служила интегральным показателем минерализации.

Концентрация растворенного кислорода измерялась оксиметром Hanna 9142 с температурной компенсацией. Датчик прибора опускался на заданные горизонты, показания снимались после стабилизации. Результаты фиксировались в мг/л и процентах насыщения (Приложение 2).

Остальные показатели определялись в химической аттестованной лаборатории согласно пакетам методик РД 52.24 и ПНД Ф 14.1:2:4.149 [15].

Отбор проб для последующего лабораторного анализа производился с помощью батометра с поверхностного горизонта (0,2-0,5 м) и по глубинной вертикали на станции 4 (на горизонтах 0,5 м; 5 м; 10 м; 15 м; 20 м; придонный слой 25-28 м) (Рис. 9).



Рисунок 9 – Отбор проб воды на озере Тургояк; март – август 2024-2025 гг.

Методология отбора соответствовала требованиям к представительным пробам:

1. Батометра Паталаса погружается на определенную глубину в воду на верёвке;
2. В момент движения вниз крышки приподнимаются, и столб воды проходит через трубу;
3. При достижении нужной глубины движение батометра прекращается, и вода, находящаяся внутри трубы, запирается самопроизвольно падающими крышками;

4. Отобранная проба поднимается на поверхность и может быть извлечена через крышки или штуцер, вворачиваемый в трубу [37].

После подъема батометра вода из него сливалась в предварительно промаркированные емкости:

1) Для гидрохимического анализа – в чистые пластиковые канистры объемом 1,5 л;

2) Для определения $БПК_5$ – в стеклянные бутылки с притертыми пробками, заполняемые доверху без пузырьков воздуха.

Пробы консервировались согласно требованиям соответствующих методик в случае невозможности анализа в день отбора.

Данные вносились в полевой журнал с фиксацией даты, времени, номера станции, глубины отбора, погодных условий и результатов измерений. Транспортировка проб соответствует требованиям [9].

2.2 Гидрологический режим

Гидрофизические параметры водоема являются важнейшими индикаторами состояния озерной экосистемы, отражающими как климатические изменения, так и реакцию водной толщи на внешние воздействия. В период 2023-2025 гг. на озере Тургояк наблюдалась существенная динамика этих показателей, особенно выраженная на фоне смен фаз увлажнения.

Термический режим озера Тургояк в исследуемый период в целом соответствовал характеристикам димиктического водоема, с формированием устойчивости летней и зимней стратификации. В летний период (август) во все годы наблюдалось образование термоклина на глубинах 10-12 м, что типично для глубоководных озер умеренной зоны. Однако на фоне общегодовых закономерностей были выявлены определенные аномалии, связанные с условиями конкретных лет. В аномально жаркий 2023 год, который завершал длительный засушливый

период, зафиксирован повышенный прогрев глубинных вод (гиполимниона). Обычно температура воды в гиполимнионе озера Тургояк колеблется в пределах 7-11°С, однако в августе 2023 года глубинные слои прогрелись до 12-14°С [16].

Это свидетельствует о более интенсивной отдаче тепла в глубоководную зону в условиях жаркого лета и, вероятно, ослабления термического расслоения.

В 2024 и 2025 годах, несмотря на повышенную водность, прогрев гиполимниона был менее интенсивным (до 11,8°С), что связано с более пасмурной погодой и поступлением более холодных вод с водосбора.

Кроме того, наблюдалось снижение прозрачности вод в центральной части озера в летний период (август). Если в 2023 году, завершающем сухой период, прозрачность составляла 11,5 м, то в 2024 году она снизилась до 10,0 м, а к 2025 году, второму многоводному, достигла 9,0 м (Таблица 1).

Таблица 1 – Динамика прозрачности воды (август) в центральной части озера Тургояк, 2023-2025 гг.

2023 г.	2024 г.	2025 г.
11,5	10,0	9,0

Таким образом, за два многоводных года прозрачность уменьшилась на 2,5 метра, что является тревожным сигналом.

Снижение прозрачности обусловлено двумя факторами: усилением выноса взвешенных органических веществ с водосбора в условиях повышенного стока 2024-2025 гг., что подтверждается ростом концентраций органического вещества, и развитием фитопланктонов и высшей водной растительности в ответ на повышенное поступление биогенных элементов, что также характерно для многоводных периодов.

Зафиксированная в августе 2025 года прозрачность в 9,0 м, несмотря на снижение по сравнению с предыдущими годами, остается в пределах значений, характерных для олиготрофных озер. Таким образом, озеро по-прежнему сохраняет олиготрофные черты.

Электропроводность вод оставалась в пределах природных колебаний. Поверхностные горизонты характеризовались значениями 139-155 мкСм/см, в основной толще вод (глубже 5 м) электропроводность была несколько выше и составляла 165-175 мкСм/см [16].

Выявлена сезонная динамика этого показателя в период снеготаяния: при поступлении талых вод с низкой минерализацией, электропроводность в поверхностных слоях снижалась до 124 мг/л (в пересчете на минерализацию). В летний период, при развитии биологических процессов и испарении, минерализация несколько возрастала.

Важно отметить, что по сравнению с данными 2018 года, увеличения минерализации не выявлено. Ранее (в период 1940-1990-х гг.) отмечался устойчивый рост минерализации с 80 до 115 мг/дм^3, а к 2018 г. – до 120-155 мг/дм^3 [16; 51; 53].

Стабилизация этого показателя в 2023-2025 году свидетельствует о сохранении общего солевого состава и отсутствии засоления водоема, что является позитивным фактором.

В ходе наблюдений совместно с научным руководителем зафиксировано уникальное природное явление – частичное вскрытие озера в декабре 2024 года вскоре после ледостава, преимущественно в восточной части акватории. Данный феномен мог быть вызван комплексом факторов:

1) Недостаточным охлаждением вод по глубинной вертикали к началу ледостава;

2) Устойчивыми ветрами юго-западного направления, вызвавшими сгонно-нагонные явления;

3) Значительным поступлением подземных вод, обладающих более высокой температурой.

Примечательно, что в 2025 году подобное явление не наблюдалось, а в литературных источниках ранее не упоминалось о зимнем вскрытии Тургояка. Это свидетельствует об аномальности гидрометеорологических условий зимы 2024-2025 гг.

2.3 Гидрохимический режим

Гидрохимический состав вод озера Тургояк формируется под влиянием природных факторов (геологическое строение котловины, состав подземных вод, атмосферные осадки) и антропогенного воздействия (рекреационная нагрузка, поступление загрязняющих веществ с водосбора). В период 2023-2025 гг. проведен анализ основных ионов, микроэлементов и интегральных показателей, позволяющий оценить современное состояние водной массы и выявить тенденции его изменения.

Воды озера Тургояк относятся к пресным с общей минерализацией, не превышающей 150 мг/л. В летний период (август) во все годы наблюдений воды озера характеризовались устойчивым гидрохимическим типом – гидрокарбонатный класс, группа кальция, сульфатно-натриевый (2) тип (по классификации О.А. Алекина) [14].

Это проявлялось как по глубинной вертикали, так и по акватории озера.

Содержание основных ионов характеризовалось следующими диапазонами:

Гидрокарбонаты (HCO_3^-) – доминирующий анион, обеспечивающий буферные свойства воды;

Хлорид-ионы (Cl^-) – низкие концентрации, варьировавшие в пределах 5,3-10,6 мг/л, что свидетельствует об отсутствии значимого загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками в центральной части;

Ионы магния (Mg^{2+}) – также низкие концентрации (4,9-6,1 мг/л), характерные для вод, формирующихся в условиях кристаллических пород;

Жесткость воды – воды озера относятся к категории мягких (1,3-1,6 мг-экв/л), что обусловлено низким содержанием кальция и магния.

Распределение микроэлементов в водах озера Тургояк в 2023-2025 гг. носило преимущественно природный характер и определялось геохимическими особенностями водосбора. Результаты анализов

представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов в водах озера Тургояк в 2023-2025 гг., мг/л

Элемент	Летний период, мг/л	Подледный период, мг/л
Fe общ.	0,01 – 0,03	0,014 – 0,026
Mn	0,006 – 0,019	0,014 – 0,035
Zn	0,035 – 0,038	0,036 – 0,039
Cu	0,0018 – 0,0034	0,0031 – 0,0042
Pb	0,0011 – 0,0018	0,0019 – 0,0021
Ni	0,0007-0,0029	0,0021 – 0,0034

Выявлены минимальные сезонные различия в содержании микроэлементов. В подледный период (март) концентрации большинства металлов (Mn, Cu, Pb, Ni) несколько выше, чем в летний, что связано с процессами крио-концентрирования и накоплением в придонных слоях в условиях зимней стагнации [16].

Концентрации железа, свинца и никеля находились в пределах, типичных для пресных озер Южного Урала.

Зафиксировано превышение ПДК для рыбохозяйственных водоемов по марганцу (до 3,5 ПДК), цинку (до 3,9 ПДК) и меди (ДО 4,2 ПДК). Данные значения не выходят за пределы природного фона и не являются следствием антропогенного загрязнения водной толщи. Однако, для цинка, свинца и меди не исключается аэральное поступление (с атмосферными осадками), что подтверждается загрязнением верхнего 8-сантиметрового слоя донных отложений этими металлами [28].

За исследуемый период 2023-2025 гг. не выявлено значимого изменения концентраций микроэлементов по акватории и глубине. Это свидетельствует о сохранении природного геохимического фона.

Озеро Тургояк традиционно отличается стабильным кислородным режимом в любое время года, включая глубинные горизонты в периоды зимней и летней стагнации. За весь период исследований концентрация растворенного кислорода в озере находилась на уровне 7-10 мг/л, что соответствует 80-100% насыщения [16].

Даже в придонных горизонтах (глубже 25-28 м), на расстоянии 30 см

от дна, насыщение кислородом оставалось выше 3 мг/л, а анаэробная зона не выявлена ни в один из сезонов наблюдений (Таблица 3).

Таблица 3 – Распределение растворенного кислорода по глубинной вертикали в центральной зоне озера Тургояк, мг/л.

Глубина, м	Содержание растворенного O_2, мг/л					
	Март, 2023	Август, 2023	Март, 2024	Август, 2024	Март, 2025	Август, 2025
0,5	10,7	8,1	11,7	8,0	10,2	7,4
10	9,5	9,8	9,9	8,3	9,2	9,4
20	9,0	8,8	-	8,1	7,4	7,9
25 (придонные горизонты)	7,9	8,1	7,0	-	6,2	6,7

Важной особенностью, выявленной в 2024-2025 гг., является формирование максимума кислорода на глубинах 10-15 м в летний период. На этих горизонтах (зона металимниона и в верхней части гиполимниона) содержание кислорода было в среднем в 1,13 раз выше, чем в верхнем слое эпилимниона. Данное явление объясняется активным фотосинтезом фитопланктона и погруженной высшей водной растительности в условиях высокой прозрачности воды.

Ранее, в 1990-х гг., подобный пик кислорода не получал объяснения, однако современные данные свидетельствуют о росте биомассы водной растительности, что косвенно указывает на процессы эвтрофикации [16; 53].

Биогенные элементы, прежде всего, соединения азота и фосфора, играют ключевую роль в функционировании водных экосистем, лимитируя продукционные процессы. В период 2023-2025 гг. выявлена выраженная динамика содержания биогенных веществ, особенно в многоводные годы.

Азот аммонийный ($N\text{-}NH_4$) является первым продуктом минерализации органических веществ и поступает в водоем как с поверхностным стоком, так и в результате внутриводоемных процессов. В подледный период (март) 2023 и 2025 гг. зафиксированы аномально высокие для озера Тургояк концентрации аммонийного кислорода (Таблица 4).

Таблица 4 – Содержание аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$) в водах озера Тургояк в марте, мг/л

Горизонт	Содержание N-NH4 в водах озера Тургояк, март 2023 - 2025, мг/л		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Поверхность	0,07	0,01	0,15
Придонный слой (20-25 м)	0,07	0,01	0,06

В 2023 и особенно в 2025 году концентрации аммонийного азота в поверхностных водах достигали 0,07-0,15 мг/л. Зимой 2024 года, напротив, содержание аммония было минимальным (0,01 мг/л), что, вероятно, связано с особенностями ледостава и меньшим поступлением органики предшествующей осенью.

В летний период 2023-2025 гг. концентрации аммонийного азота также были несколько повышены по сравнению с историческими данными, составляя 0,03-0,06 мг/л в толще вод [16].

Нитриты, как промежуточная форма окисления аммония, содержались в водах озера в количествах, характерных для олиготрофных водоемов – на уровне 0,001 – 0,002 мг/л, существенно возрастая лишь в зонах локального загрязнения (до 0,009 мг/л в точке 5).

Нитратный азот, конечный продукт нитрификации, присутствовал в водах открытой части озера в концентрациях 0,018 – 0,027 мг/л, что соответствует природному фону и не представляет угрозы для экосистемы.

Фосфор является основным лимитирующим элементом в олиготрофных озерах, и даже небольшое увеличение его концентрации способно вызвать «цветение» воды и смену трофического статуса. Анализ динамики содержания общего фосфора в 2023–2025 гг. выявил наиболее тревожную тенденцию (Рис. 10).

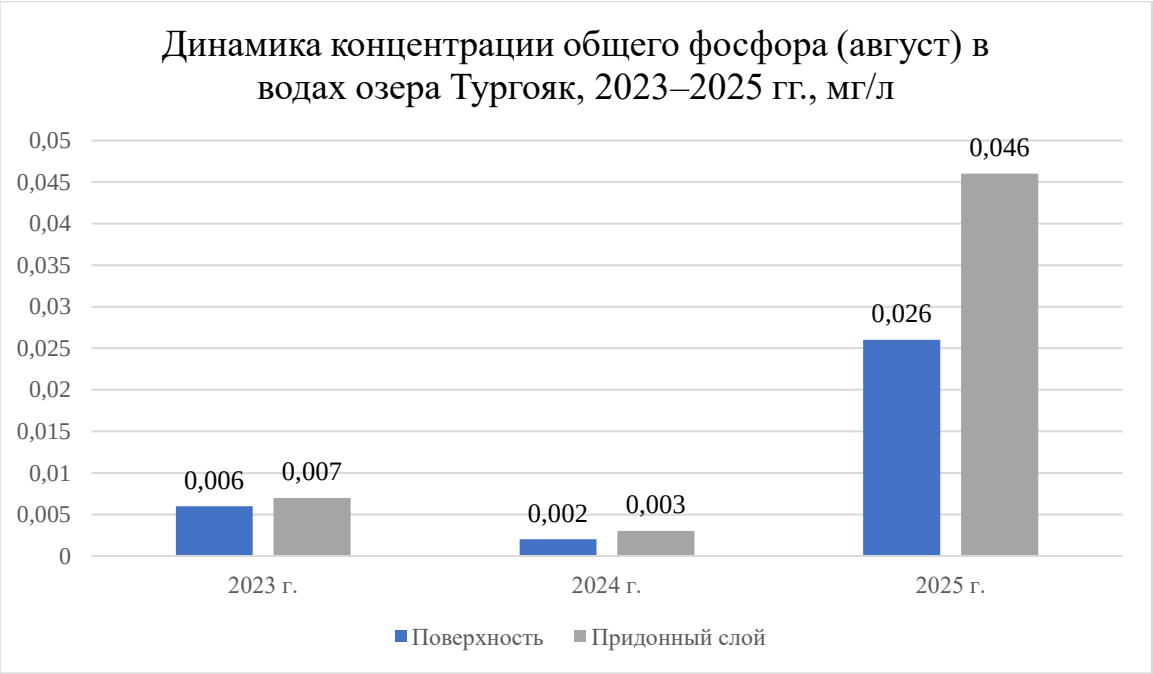


Рисунок 10 – Динамика концентрации общего фосфора (август) в водах озера Тургояк, 2023–2025 гг.

Как видно из представленных данных, летом 2025 года произошел скачкообразный рост концентраций общего фосфора: в поверхностных водах до 0,026 мг/л (в 4–13 раз выше, чем в 2023–2024 гг.); в придонных водах до 0,046 мг/л (в 6–15 раз выше).

Данные концентрации (особенно 0,046 мг/л) уже характерны для мезотрофных озер и выходят за пределы значений, типичных для олиготрофного Тургояка. Для сравнения, в 1965 г. содержание фосфора в толще воды составляло около 0,003 мг/л [42]; в 1990-е гг. возросло до 0,042 мг/л [53]; в 2017–2019 гг. снизилось до 0,006–0,016 мг/л [14]; и вновь резко выросло в 2025 г.

Выявленный рост концентраций аммонийного азота и общего фосфора, особенно в 2025 году обусловлен комплексом факторов:

1. 2024–2025 гг. характеризуются повышенной водностью, что привело к усилению смыва органических и биогенных веществ с поверхности водосбора, включая территории рекреационных объектов и зоны строительства [16].

2. Высокие концентрации биогенов в ручье, дренирующем

стройплощадку в южной части озера, указывают на то, что хозяйственная деятельность на побережье вносит существенный вклад в дополнительную фосфорную и азотную нагрузку;

3. Повышенные концентрации фосфора в придонных слоях в летний период 2025 г. могут быть связаны с высвобождением фосфора из донных отложений в условиях дефицита кислорода (хотя анаэробных зон не зафиксировано, возможно локальное снижение концентраций у дна) и с разложением отмершей органики.

Анализ проб, отобранных в августе 2025 года, выявил резкую пространственную неоднородность. Максимальные концентрации биогенных веществ и органики были зафиксированы в точке №5, в зоне впадения ручья, стекающего с территории активного строительства рекреационного комплекса. (Таблица 5; Рис. 11) [16].

Концентрации аммонийного кислорода и общего фосфора в 5-10 раз превышали фоновые значения для озера, что однозначно указывает на техногенный источник загрязнения.

Таблица 5 – Концентрации загрязняющих веществ в точке №5 (ручей) по сравнению с фоновой точкой №2 (август 2025 г.)

Показатель	Точка №2 (фон)	Точка №5 (ручей)	Превышение над фоном
Азот аммонийный, мг/л	0,06	0,65	В 10,8 раз
Азот нитритов, мг/л	0,001	0,009	В 9 раз
Азот нитратов, мг/л	0,018	0,157	В 8,7 раз
Фосфор общий, мг/л	0,018	0,104	В 5,8 раз



Рисунок 11 – Схема акватории озера Тургояк с точками отбора проб и выявленными аномалиями (август 2025г.)

Пространственная неоднородность выявлена и для показателей, характеризующих содержание органического вещества. В точке №5 (ручей) зафиксированы максимальные за весь период наблюдений значения цветности, перманганатной окисляемости и ХПК (Таблица 6).

Таблица 6 – Показатели органического вещества в точке №5 (ручей) в августе 2025 г.

Показатель	Точка №2 (фон)	Точка №5 (ручей)	Кратность превышения
Цветность, градусы	5 –10	25*	В 2,5 – 5 раз
Перманганатная окисляемость, мг О/л	2,5 – 3,5	12,5	В 3,5 – 5 раз
ХПК, мг О/Л	10 – 15	38,5	В 2,5 – 3,8 раз

*Примечание: для питьевой воды норма цветности — до 20 градусов

Обращает на себя внимание, что в точке №5 значения цветности превысили питьевой норматив (20°), что является уникальным случаем для озера Тургояк, воды которого исторически отличались исключительно низкой цветностью. Перманганатная окисляемость в точке №5 достигала 12,5 мгО/л, что более чем в 3,5 раза выше средних значений по озеру и свидетельствует о поступлении трудноокисляемых органических соединений, вероятно, связанных со строительными и хозяйственно-бытовыми стоками [14].

Выявление столь высоких концентраций в ручье, впадающем в озеро, позволяет квалифицировать данный участок побережья как точечный источник загрязнения, оказывающий локальное, но значимое воздействие на экосистему.

Выводы по 2 главе

Проведенное комплексное гидрологическое и гидрохимическое исследование озера Тургояк в 2023 – 2025 гг. с использованием современных полевых и лабораторных методов позволило сделать следующие выводы:

1) Гидрологический режим в исследуемый период в целом соответствовал характеристикам димиктического водоема с устойчивой летней и зимней стратификацией. Однако выявлены аномалии: в жарком 2023 году зафиксирован повышенный прогрев гиполимниона до 12-14°С, а в многоводные 2024 – 2025 годы отмечено снижение прозрачности воды с 11,5 до 9,0 м, что является минимальным значением за последние годы, но остается в олиготрофном диапазоне. Зафиксировано уникальное явление – частичное вскрытие озера в декабре 2024 года, ранее не описанное в литературе;

2) Гидрохимический баланс характеризуется стабильностью ионного состава (гидрокарбонатный класс, группа кальция, пресные воды с минерализацией 124 – 155 мг/л). Содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni) соответствует природному геохимическому фону, хотя для Mn, Zn и Cu отмечены превышения рыбохозяйственных ПДК (до 3,5 – 4,2 раз), обусловленные природными процессами и аэральным поступлением;

3) Кислородный режим оставался благоприятным во всех сезонах: концентрация O_2 составляла 7 – 11 мг/л (80-100% насыщения), анаэробные зоны отсутствовали даже в придонных горизонтах (более 3 мг/л). В летний период на глубинах 10-15 м сформировался максимум

кислорода, что свидетельствует об активизации фотосинтеза фитопланктона и высшей водной растительности;

4) Наиболее тревожной тенденцией является резкий рост содержания биогенных веществ, особенно общего фосфора. В августе 2025 г. его концентрация в поверхностных водах достигла 0,026 мг/л, а в придонных – 0,046 мг/л, что в 4–15 раз выше, чем в 2023–2024 гг., и соответствует уже мезотрофным водоёмам. Концентрации аммонийного азота в марте 2025 г. повышались до 0,15 мг/л;

5) Пространственная неоднородность загрязнения ярко выражена: в районе впадения ручья, дренирующего стройплощадку (точка №5), концентрации азота аммонийного, нитритов, нитратов и общего фосфора превышали фоновые значения в 5–11 раз. Цветность воды достигала 25° (выше норматива), перманганатная окисляемость – 12,5 мг О/л, ХПК – 38,5 мг О/л, что однозначно указывает на техногенный источник загрязнения.

Таким образом, современное гидрологическое и гидрохимическое состояние озера Тургояк характеризуется сочетанием природных процессов и нарастающего антропогенного пресса.

ГЛАВА 3. ГИДРО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ТУРГОЯК

3.1 Антропогенное воздействие на озеро

Озеро Тургояк, обладающее статусом памятника природы регионального значения, на протяжении почти столетия испытывает систематическое антропогенное давление. Статус памятника природы регионального значения был присвоен озеру Тургояк решением Исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов от 21 января 1969 г. № 29 «Об охране памятников природы в области». В соответствии с действующими нормативными актами, граница охранной зоны составляет не менее 100 метров от уреза воды [32].

Дополнительные меры охраны были закреплены Постановлением Правительства Челябинской области от 23.03.2007 № 62-п, подтвердившим его статус гидрологического памятника природы [33].

Согласно Положению о памятнике природы, на территории разрешены исключительно: научно-исследовательская деятельность, эколого-просветительские мероприятия (организация экологических троп, проведение экскурсий), транзитные пешие прогулки и природоохранные мероприятия. Однако мониторинговые исследования последних лет фиксируют систематическое превышение допустимой рекреационной нагрузки в 3-5 раз, особенно в период летнего сезона (июнь-август).

Активное антропогенное вмешательство началось еще в дореволюционные времена, когда стали возводиться первые постройки с печным отоплением на перешейке между озёрами Тургояк и оз. Инышко.

В 1913 году первым обратил внимание на неблагоприятную экологическую ситуацию в районе озера Тургояк В. Н. Сементовский: «Тургояк разрушается по мере того, как растет о нем известность. И с

болью в сердце приходится следить за умиранием его красоты, не имея достаточной возможности предотвратить это печальное явление» [44].

Тургояк издавна использовался как рыбохозяйственный водоем. С 1920-х гг. в нем акклиматизировали промыслово-ценные породы рыб, а впоследствии выращивали товарную форель. Особой популярностью среди рыболовов пользуются травяные заливы северо-западной части озера, которые служат основными нерестилищами и местами нагула молоди. Однако именно эти участки испытывают наибольшую антропогенную нагрузку. Методы лова не соответствовали ни биологическим особенностям промысловых видов рыб, ни экологическим характеристикам озера, в результате чего рыбные запасы были быстро и надолго подорваны.

В 1936 году наряду с активным развитием Миасса было принято решение о строительстве Дома отдыха «Золотой пляж». Уже в 1938 году здравница приняла первых отдыхающих (Рис. 12).



Рисунок 12 – Дом отдыха «Золотой пляж», корпус №6 [12]

Постепенно дом отдыха перерос в поселок, со своей котельной, столовой, лодочными станциями, культурно-досуговым центром, детским садом, почтовым отделением и магазином.

Сегодня «Золотой пляж» – это современный курорт с более чем 150 номерами и апартаментами в аренду, 2 всесезонными ресторанами, 2 летними ресторанам, ночным клубом, детским клубом, бизнес-центром с 5 конференц-залами, центром Китайской медицины и СПА, яхтенными и АТВ-экскурсиями, спортивными площадками и прокатом [12].

С 1952 г. УралАЗ организовал водозабор из Тургояка для хозяйственных целей. Перекачка воды велась путем переброски в оз. Кысыкуль, уникальная по питьевым качествам вода использовалась для закачивания в городскую теплоцентраль.

За последние 50 лет многократно возросла рекреационная нагрузка на водоем, берега застроены без учета природных особенностей озера. Водоем интенсивно «пополняется» бытовыми стоками. В период 1980-1990-х годов интенсивный водозабор (до 20 тыс. м³/сутки) спровоцировал переход озера в состояние мезотрофии, выразившийся в снижении прозрачности воды с 17,5 до 8-10 метров, увеличении содержания биогенных элементов (азота - до 1,2 мг/л, фосфора – до 0,07 мг/л) и развитии сине-зелёных водорослей. Ситуация стабилизировалась лишь после модернизации системы водоснабжения Миасса и подключения альтернативных источников в 2000-х годах [40].

Исторически сложившаяся система баз отдыха продолжает функционировать и развиваться, несмотря на получение озером в 2007 году статуса памятника природы с установлением 100-метровой охранной зоны побережья. Примечательно, что природоохранный статус не привел к полному прекращению строительной деятельности в прибрежной зоне – в отдельных локациях оно продолжается и в настоящее время [16].

Особую проблему представляет отсутствие точного учета рекреационной нагрузки. По экспертным оценкам, только в летний сезон

побережье и базы отдыха озера посещают от 70 до 100 тысяч человек [3;14].

Такой масштаб рекреационного освоения уникального природного объекта требует разработки сбалансированной системы управления, учитывающей как рекреационный потенциал территории, так и необходимость сохранения ее экологической целостности.

3.2 Рекреационная нагрузка на побережье и озеро

В рамках оценки общего антропогенного воздействия на озеро Тургояк, целью данного раздела является анализ рекреационной нагрузки как доминирующего фактора современного периода. Для этого решаются задачи по оценке потенциала, выявлению фактической нагрузки и связанных с ней нарушений.

Рекреационный потенциал представляет собой совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических предпосылок для организации рекреационной деятельности на определенной территории [46].

Его интенсивная эксплуатация, особенно в условиях уникальных, но уязвимых озерных экосистем, таких как озеро Тургояк, требует научно-обоснованных подходов к оценке и нормированию антропогенной нагрузки. В противном случае возникает рекреационная дигрессия – необратимый процесс деградации природных комплексов под воздействием отдыхающих.

На стыке рекреационной географии и озероведения сформировалось специализированное научное направление – рекреационная лимнология. Под ней понимается роль отрасли знаний, изучающая природно-территориальный комплекс, состоящий из водоема и окружающей его территории, для использования в целях отдыха с учетом прогнозирования последствий этой деятельности для экосистемы [2].

Объектом изучения выступает сложная система «отдыхающие – природный комплекс – инфраструктура», а ключевой задачей является обеспечение устойчивого, долгосрочного использования ресурсов.

Для комплексной оценки рекреационной пригодности водоема и уровня нагрузки на него в рамках данного исследования были применены два взаимодополняющих методических подхода.

Метод балльной оценки природно-рекреационного потенциала. Данный подход, предложенный С.Г. Захаровым для озер Южного Урала, позволяет дать интегральную характеристику пригодности водоема для пляжно-купального отдыха, являющегося наиболее массовым и нагрузочным видом рекреации. [17;18].

Методика основана на экспертной оценке 15 критериев, две трети из которых отнесены к ведущим, так как непосредственно касаются безопасности и здоровья отдыхающих. К ним относится:

- Состояние берегов (устойчивость к геодинамическим процессам);
- Качество пляжа (грунт, уклон, ширина мелководной зоны, зарастаемость высшей водной растительностью);
- Качество воды (волновой режим, течения, прозрачность, гидрохимические и гидробиологические показатели, трофический статус) и др.

Каждый критерий оценивается по балльной шкале (от 0 до 5) с отнесением к категориям «благоприятно», «относительно благоприятно» и «неблагоприятно». Формула расчета интегрального показателя ПРП:

$$\text{ПРП} = \frac{1}{15} * \sum_{n=1}^{15} \text{К}i \qquad (1)$$

где ПРП – природно-рекреационный потенциал, баллы;

Кi – конкретный критерий, оцененный в баллах (Приложение 3).

Данный подход позволяет не только дать комплексную оценку, но и выявить «слабые места» конкретного водоема, что является основой для разработки мероприятий по его благоустройству и охране.

В ходе выполнения ВКР на основе полевых наблюдений 2023 – 2025 гг., лабораторных гидрохимических анализов и визуальной оценки состояния береговой линии каждому из 15 критериев была присвоена соответствующая балльная оценка (Таблица 7).

Таблица 7 – Результаты балльной оценки природно-рекреационного потенциала озера Тургояк

№ п/п	Критерий	Оценка (балл)	Обоснование
1	Берега (устойчивость)	Благоприятно (4-5)	Восточные и западные берега обрывистые, устойчивые к абразии (стр. 12-13, 17).
2	Подходы к воде	Благоприятно (4-5)	На оборудованных пляжах – открытые; на стихийных – частично заросшие (стр. 47-51)
3	Пляж (грунт акватории)	Благоприятно (4-5)	Песчаные и мелкогалечные пляжи (Золотой пляж; городской пляж) (стр. 47).
4	Пляж (уклон, зона мелководья до 1,3 м)	Благоприятно (4-5)	Пологие уклоны, зоны мелководья на основных пляжах (стр. 47).
5	Пляж (зарастаемость ВВР)	Относительно благоприятно (2-3)	В заливах (стр. 1,3) – значительная; на массовых пляжах – незначительная (стр. 56, 58).
6	Вода (максимальная высота волны, повторяемость 90% в течение комфортного периода)	Благоприятно (4-5)	Штормы возможны, но в комфортный период преобладают волны до 1 м (стр. 15)
7	Вода (наличие вдольбереговых течений, водоворотов)	Благоприятно (4-5)	Слабое течение из-за особенностей рельефа и питания (стр. 11 – 16).
8	Гидрофизические характеристики	Благоприятно (4-5)	Прозрачность 9 – 11 м (стр. 26).
9	Гидрохимические (превышение ПДК)	Благоприятно (4-5)	Незначительное превышение ПДК по Mn, Zn, Cu (придонный слой) (стр. 28-29).
10	Гидробиологические (частота и интенсивность вспышек «цветения», трофия водоема)	Благоприятно (4-5)	Преимущественно олиготрофное озеро; редкие вспышки цветения (стр. 31, 57, 63).
11	Комфортный период рекреации (для Южного Урала)	Благоприятно (4-5)	45 – 60 дней с комфортной температурой воды выше 18°С (стр. 15).
12	Температура воды в зоне пляжа	Благоприятно (4-5)	В пик сезона температура воды достигает 18-22°С (стр. 15).
13	Тип приозерного ландшафта (пейзажность)	Благоприятно (4-5)	Многоплановый, лесной тип ландшафта; живописное побережье; острова (стр.46-49).
14	Состояние (антропогенная освоенность) прибрежного ландшафта	Относительно благоприятно (2-3)	Среднеосвоенный; дигрессия 3-4 степени на популярных участках (стр. 43, 50-55).
15	Использование озера в иных целях	Относительно благоприятно (2-3)	Систематическое превышение допустимой рекреационной нагрузки в 3-5 раз, особенно в период летнего сезона; эпизодический забор воды; стройка (стр. 37-39,53-55).

Расчет суммы баллов:

Сумма = 4+4+5+4+3+4+5+5+4+4+5+5+4+3+3= 62

Интегральный показатель ПРП:

$$\text{ПРП} = \frac{62}{15} = 4{,}133$$

Согласно градации, принятой в методике, полученное значение попадает в диапазон 4,0 – 5,0 баллов, что интерпретируется как «благоприятно» (высокий рекреационный потенциал).

Полученный результат подтверждает, что озеро Тургояк, несмотря на нарастающую антропогенную нагрузку, сохраняет уникальные природные качества, обеспечивающие его высокую привлекательность для пляжно-купального отдыха.

Для количественной оценки антропогенного пресса на прибрежные экосистемы применяется метод определения предельно-допустимых рекреационных нагрузок (ПДН). Он основан на расчете емкости территории – максимального количества человек, которое может одновременно находиться на единице площади без причинения ущерба природному комплексу [21].

В данном исследовании расчет проводился двумя способами для наиболее посещаемых пляжных территорий озера Тургояк:

1) По линейному нормативу: Учитывая высокую рекреационную привлекательность, для обеспечения психологического комфорта на одного отдыхающего должно приходиться не менее 0,4 метра протяженности оборудованного пляжа [17];

2) По нормативу площади для ООПТ: Учитывая статус озера Тургояк как памятника природы, применяется строгий экологический норматив: для предотвращения деградации природных комплексов на одного человека должно приходиться не менее 16м^2 пляжной территории. Для сравнения, у водоемов без особого статуса этот норматив составляет 8 м^2/чел. [17;20].

В основе этой методики лежит норматив предельно допустимой рекреационной нагрузки (п). Для галечных пляжей он равен четырем людям, одновременно отдыхавшим в течение дня, на которых приходится 1 погонный метр пляжной полосы вдоль берега водоема (для песчаных п = 3,5 чел.- дн./м).

В алгоритм расчета вводятся коэффициенты, определяемые экспертным путем:

- К1 – социально-экологический коэффициент (0,8-0,5), учитывающий степень антропогенного вмешательства;

- К2 – коэффициент рекреационной привлекательности, его величина (0,4-0,8) зависит от уровня благоустройства и популярности места;

- К3 – коэффициент сменяемости отдыхающих в течение дня.

Допустимая рекреационная нагрузка (чел.- дн.) для всего пляжа определяется по формуле:

$$E_п = К1 \times К2 \times п \times L, \quad (2)$$

где L – протяженность пляжной полосы вдоль берега водоема, м.

Фактическая нагрузка ($N_{факт}$) оценивалась методом визуального учета в пиковые дни посещаемости. Сопоставление $N_{факт}$ и $E_п$ позволяет сделать вывод о степени эксплуатации территории и риске возникновения рекреационной дигрессии.

Основу природно-рекреационного потенциала озера Тургояк составляют уникальные гидрологические характеристики: значительная глубина (средняя – 19,2 м, максимальная – 32,5 м), большой объем водной массы (507 млн $м^3$) и, как следствие, высокая прозрачность воды, достигающая 10±1 м по белому диску [1;16].

Эти параметры определяют олиготрофный тип экосистемы и ставят Тургояк в ряд водоемов с эталонным качеством воды.

Ландшафтное разнообразие береговой линии вносит ключевой вклад в рекреационную ценность территории. Для озера характерно чередование живописных обрывистых берегов, поднимающихся на 50-100 м, и пологих

участков, сформировавших протяженные песчано-галечные пляжи. Наиболее известные из них – «Золотой пляж» и «Городской пляж» – отличаются пологим уклоном, чистым песчаным дном и развитой зоной мелководья, создавая идеальные условия для массового купального отдыха (Рис. 13).



Рисунок 13 – Участок песчаного пляжа на побережье озера Тургояк (фото автора, 2025 г.)

Эстетическую привлекательность усиливает многоплановый горно-лесной ландшафт с наличием островов, наиболее известным из которых является остров Веры – объект историко-культурного наследия с мегалитическими сооружениями (Рис. 19).

На острове находится комплекс археологических памятников (мегалитов, дольменов и менгиров), датированный IV тысячелетием до н.э. Мегалитический комплекс острова Веры имеет статус объекта культурного наследия народов РФ регионального значения. Помимо него на острове размером в 6,5 га расположено еще порядка 40 археологических памятников, в том числе: камерная гробница, каменоломня IV тысячелетия до н.э, а также руины старообрядческого скита XIX века. На острове с 2004 г. проводятся постоянные научные исследования [5].

Рекреационная инфраструктура озера Тургояк исторически сложилась и продолжает развиваться, адаптируя природные преимущества

под запросы туристов. На побережье расположено 22 коллективных средства размещения, включая базы отдыха, гостиницы, санаторий и кемпинги (Рис. 14) [27].



Рисунок 14 – Схема рекреационной инфраструктуры на озере Тургояк [27]

Анализ современного состояния инфраструктуры, проведенный методом визуального обследования и фотофиксации в 2025 году, позволяет выделить несколько характерных типов:

1. Благоустроенные базы отдыха стационарного типа.

Данные объекты ориентированы на комфортный, преимущественно семейный отдых. Они характеризуются капитальной застройкой (коттеджи, гостиничные корпуса), развитой собственной инфраструктурой и элементами экологического благоустройства. На базе отдыха «Форелька» для минимизации воздействия на естественный берег оборудован специальный понтон для входа в воду (Рис. 15).



Рисунок 15 – Благоустроенный пляж и понтон базы отдыха «Форелька» (южный берег озера Тургояк, фото автора, 2025 г.)

На базах отдыха, подобных базе отдыха «Вкусные мысли», отмечается наличие рукомойников, организованных мест для сбора мусора и сети благоустроенных пешеходных троп, соединяющих объекты инфраструктуры (Рис. 16).



Рисунок 16 – Благоустройство зоны отдыха, база отдыха «Вкусные мысли» (фото автора)

2. Специализированные объекты для активного отдыха

Вдоль береговой линии представлены пункты проката спортивного и водно-моторного инвентаря. Широко распространен прокат гребных судов

(лодки, катамараны), сап-бордов, а также предлагаются услуги по организации экскурсий на катерах (в т. ч. с электромоторами). Популярностью пользуется парусный спорт (Рис. 17).



Рисунок 17 – Пункты проката водного инвентаря на побережье озера Тургояк, 2025 г. (фото автора)

Подобная специализация способствует рассредоточению потока отдыхающих по акватории, но одновременно увеличивает антропогенную нагрузку на всю озерную экосистему за счет волнового воздействия, риска утечек ГСМ и беспокойства прибрежных биоценозов.

3. Объекты нестандартного размещения (глэмпинг).

В ответ на растущий спрос на «экологичный» комфорт развивается формат глэмпинга, сочетающий условия кемпинга с повышенным уровнем сервиса. Примером служит кемпинг «Пугачевка Glamp», ппредлагающий размещение в стилизованных палатках-шалашах (Рис. 18).



Рисунок 18 – Территория глэмпинга «Пугачевка Glamp» (фото автора)

4. Культурно-познавательные объекты

Остров Веры, как ключевой объект историко-культурного туризма, оборудован экологической тропой, которая позволяет минимизировать ущерб хрупким прибрежным и островным экосистемам при знакомстве с археологическими памятниками (Рис. 19).



Рисунок 19 – Экологическая тропа «Остров Веры» (фото автора)

Проведенное исследование озера Тургояк в летний сезон 2025 года выявило системный характер рекреационной нагрузки, сопровождающийся

многочисленными нарушениями установленного природоохранного режима. Анализ позволяет структурировать ключевые проблемы по трем взаимосвязанным блокам:

1) пространственно-планировочные нарушения и деградация береговой зоны;

2) количественное превышение допустимой нагрузки;

3) правовые противоречия в хозяйственной деятельности.

Наиболее острой проблемой является эффект «давления на берег», выражающийся в неконтролируемой фрагментации и коммерческом освоении прибрежной полосы. Фактическая рекреационная береговая линия, доступная для свободного посещения, катастрофически сокращается из-за сплошной застройки базами отдыха, ограждения территорий и организации частных пляжей. Это прямое нарушение гарантированного Водным Кодексом РФ права граждан на свободный доступ к водному объекту (п.8 ч. 15 ст. 65) [7;8].

Следствием высокой концентрации отдыхающих является деградация почвенно-растительного покрова на участках массового скопления людей. Визуально фиксируется образование лишенных растительности вытоптанных площадей, где почва уплотнена до состояния асфальта. Утрата инфильтрационной способности грунта провоцирует усиление поверхностного стока, водную эрозию и заиление прибрежной акватории, что представляет собой прямую угрозу гидрологическому режиму озера.

Одним из наиболее распространенных нарушений является организация несанкционированных стоянок автотранспорта непосредственно в прибрежной зоне (Рис. 20).



Рисунок 20 – Несанкционированная стоянка автотранспорта в водоохранной зоне (База отдыха «Вкусные мысли») (фото автора)

Подобная практика приводит не только к механическому разрушению растительности и уплотнению почвы, но и к риску загрязнения акватории нефтепродуктами, что является грубым нарушением запрета на движение и стоянку транспортных средств в водоохранной зоне (п. 4 ч. 15 ст. 65 Водного кодекса РФ) [8].

Особую тревогу вызывает стихийное развитие палаточных городков с использованием стационарных поддонов. Данные конструкции, являющиеся по сути капитальными объектами, размещаются в водоохранной зоне, уничтожая естественный растительный покров и нарушая режим памятника природы (Рис. 21).



Рисунок 21 – Палаточный городок на стационарных поддонах в береговой зоне озера Тургояк (фото автора)

Их коммерческая эксплуатация резко увеличивает локальную антропогенную нагрузку, приводя к росту объемов мусора и бытовых стоков.

Для количественного подтверждения выявленных негативных тенденций был проведен расчет рекреационной емкости наиболее посещаемых пляжных территорий.

Исходные данные для расчета: протяжённость береговой линии Тургояка – 27 км; протяженность исследованных и наиболее посещаемых пляжей Тургояк составляет приблизительно L= 4500м; средняя ширина используемой отдыхающими пляжной полосы – W=25м.

Таким образом, общая площадь пляжей рассчитана по формуле:

$$S=L*W=4500*25=112500м^2, \quad (3)$$

Наблюдаемое количество отдыхающих в пиковый день (выходные июля) на участках по данным визуального учета: $N_{факт}$=3500 чел.

Расчет предельной рекреационной емкости (Е):

1. По протяженности береговой линии ($Е_{ПР}$):

$$Е_{ПР} = L/0,4=4500/0,4=11250 \text{ чел./день}, \quad (4)$$

2. По площади для ООПТ ($Е_{ООПТ}$):

$$Е_{ООПТ} = S/16=112500/16=7031 \text{ чел./день}, \quad (5)$$

$Е_{ООПТ}$ - принимается наименьшее значение

Сравнение с наблюдаемой нагрузкой приведено в Таблице 8.

Таблица 8 – Сравнение рекреационной емкости и фактической нагрузки на пляжи озера Тургояк

Показатель	**По протяженности (0,4 м/чел.)**	**По площади для ООПТ (16м²/чел.)**
Предельная емкость (Е), чел./день	11 250	7 031
Фактическая нагрузка ($N_{факт}$), чел./день	3 500	3 500
Процент использования емкости	31%	Около 50%

Ключевой вывод заключается в том, что при применении строгого норматива для ООПТ (16 м²/чел.) фактическая нагрузка достигает 50% от предельно допустимой. Это является тревожным показателем, так как

нагрузка распределена неравномерно – на популярных участках (например, у баз отдыха «Вкусные мысли», «Уралочка») наблюдается точечная концентрация отдыхающих, где удельная нагрузка многократно превышает допустимые 16 м²/чел., что и приводит к вытаптыванию растительности, уплотнению почв и деградации береговой линии, описанным выше.

Текущая ситуация усугубляется реализацией крупных инвестиционных проектов, игнорирующих режим охраны. Наиболее показателен пример строительства термального курорта «Баден-Баден». Строительство происходит на южном берегу озера Тургояк. Если существующие базы отдыха создавали точечную нагрузку, то возведение крупного курортного комплекса представляет собой качественно иной уровень антропогенного воздействия. На этапе строительства (июль 2025 г.) были зафиксированы нарушения: отсутствие надлежащей охраны строительной площадки со стороны акватории и опережающее благоустройство рекреационной инфраструктуры (парная, бассейн, перголы) до ввода объекта в эксплуатацию (Рис. 22, 23).



Рисунок 22 – Строительство термального курорта «Баден-Баден» (фото автора, июль 2025 г.)



Рисунок 23 – Термальный курорт «Баден-Баден» с элементами обустроенной рекреационной инфраструктуры (фото автора, июль 2025 г.)

Проект предусматривает строительство парк-отеля из трёх корпусов с номерным фондом на 654 места: 206 гостиничных номеров и 448 апартаментов. Также запланированы термальные бассейны открытого и закрытого типов, кафе, ресторан, лобби-бар и 17 модульных домов. Ожидается, что в 2026 году будут сданы два корпуса апартаментов. Из источника стало известно, что отель планирует открытие в 2027 году [6].

Реализация такого проекта приведет к окончательной и, вероятно, необратимой трансформации значительного участка побережья. «Давление на берег» многократно усилится: вместо фрагментарной застройки – масштабное изъятие территории из свободного доступа и ее превращение в капитальный рекреационный объект. Это не только навсегда изменит исторический ландшафт этих мест, но и создаст дополнительную нагрузку на локальную экосистему за счет повышенного водопотребления, сброса очищенных сточных вод и концентрации туристических потоков.

Кроме того, на всем побережье озера Тургояк наблюдается противоречие между предлагаемыми услугами и природоохранными запретами. Так, на фоне баннеров, запрещающих движение транспорта в водоохранной зоне, активно рекламируется прокат моторных плавсредств и серфбордов, а экскурсии на катерах осуществляются вопреки прямому запрету, установленному Положением о памятнике природы (Рис. 23) [33].



Рисунок 23 – Предложение аренды электросерфа на фоне запрещающего баннера (фото автора)

Таким образом, даже без учета стихийных палаточных городков и несанкционированных стоянок, организованная рекреация на пляжах озера Тургояк уже приближается к предельно допустимым для ООПТ значениям, а на ключевых участках – значительно их превышает, что подтверждает необходимость срочного регулирования потока и равномерного распределения нагрузки.

Проведенный анализ выявленных нарушений позволяет констатировать их системный характер и противоречие действующему федеральному и региональному законодательству. В части Водного кодекса РФ нарушения, в первую очередь, касаются статьи 65, а именно: несанкционированное движение и стоянка транспорта в водоохранной зоне (п. 4 ч. 15), размещение объектов, ограничивающих свободный доступ граждан к береговой полосе (п. 8), и ведение хозяйственной деятельности в прибрежной защитной полосе без надлежащего обоснования [7;8;30].

В части режима ООПТ (Природный парк «Озеро Тургояк») нарушения носят еще более комплексный характер и, согласно типовому Положению о природном парке, включают: деградацию почвенно-растительного покрова, организацию стихийных автостоянок и палаточных лагерей, загрязнение территории, а также ведение хозяйственной деятельности, несовместимой с целями сохранения уникальной природной среды [33].

3.3 Гидроэкологическое состояние водных масс и прогноз качества воды

На основании комплексного анализа полученных данных, современное состояние озера Тургояк можно характеризовать как переходное от олиготрофного к мезотрофному с выраженной пространственной неоднородностью.

Выделяются три зоны с различным трофическим статусом (Рис. 8,11):

Центральная глубоководная часть – сохраняет основные черты олиготрофного водоема: высокая прозрачность (до 9 м), благоприятный кислородный режим по всей глубине (насыщение более 80%), отсутствие анаэробных зон, низкие концентрации биогенов в эпилимнионе. Однако даже здесь отмечен рост содержания фосфора и органического вещества, что указывает на начало олиготрофно-мезотрофной сукцесси;

Заливы и прибрежные зоны, защищенные от волнения (т. №1, т. №3) – характеризуются мезотрофным статусом: пониженная прозрачность, повышенные концентрации фосфора (до 0,04 мг/л), активное развитие высшей водной растительности и фитопланктона, формирование типичных мезотрофных гидробиотических комплексов [16];

Локальные зоны антропогенного воздействия (т. №5) – в период строительства рекреационных объектов в зоне влияния неорганизованного стока формируются условия, близкие к эвтрофным (концентрации фосфора более 0,1 мг/л, азота аммонийного более 0,6 мг/л, цветность выше питьевого норматива).

Однако эти зоны имеют локальный характер и при прекращении поступления загрязняющих веществ способны к самовосстановлению.

На основе оценки современного трофического состояния озера Тургояк могут быть идентифицированы угрозы для его уникальной экосистемы. Прежде всего, это прогрессирующая эвтрофикация: рост

биогенной нагрузки, особенно фосфорной, создает риск необратимого перехода всей экосистемы в мезотрофное состояние с утратой уникальных олиготрофных свойств, включая высокую прозрачность, чистоту вод и специфическое биоразнообразие.

Второй значимой угрозой является локальная деградация прибрежных зон: активное зарастание заливов и формирование участков с мезотрофными условиями не только снижает рекреационную привлекательность озера, но и необратимо изменяет структуру его гидробиоценозов.

Третья угроза связана с кумулятивным эффектом антропогенной нагрузки: сочетание климатического фактора и точечного загрязнения от строящихся объектов создает синергетический эффект, многократно ускоряющий процессы эвтрофикации по сравнению с действием каждого фактора в отдельности.

Наконец, особую опасность представляет риск «цветения» воды: при дальнейшем росте концентраций фосфора и наступлении благоприятных температурных условий (например, в аномально жаркое лето) существует высокая вероятность массового развития цианобактерий, что приведет к резкому ухудшению качества воды, заморам рыбы и токсическому загрязнению.

Для предотвращения этих угроз необходима незамедлительная реализация природоохранных мероприятий, включая прекращение неорганизованного сброса стоков с территории строительства и усиление контроля за рекреационной нагрузкой.

3.4. Рекомендации по снижению антропогенной нагрузки и охране озера Тургояк

Проведённый анализ свидетельствует, что экстенсивная модель рекреационного освоения озера Тургояк, основанная на нерегулируемом росте потоков и коммерческой застройке береговой линии, себя исчерпала и является прямой угрозой сохранению его уникальных свойств. В этой связи допустимой перспективой является переход к модели управляемого рекреационного природопользования, базирующейся на приоритете сохранения экосистемы и научно обоснованном нормировании антропогенной нагрузки.

Первоочередной мерой должно стать внедрение дифференцированного зонирования территории природного парка (памятника природы) в соответствии с предложением, озвученным на региональном уровне [36].

Необходимо выделить и обозначить на местности:

Зоны строгой охраны (эталонные участки побережья и акватории, уязвимые экосистемы островов), где любая рекреационная деятельность будет полностью запрещена;

Зоны регулируемого рекреационного использования, где нагрузка будет строго контролироваться на основе проведённых расчётов ёмкости (норматив 16 м²/чел.);

Буферные (хозяйственные) зоны за пределами водоохранной полосы для размещения перехватывающих парковок, объектов обслуживания и жилой застройки персонала.

Для преодоления точечной перегрузки наиболее популярных локаций необходимо на практике применить результаты выполненной оценки ёмкости. В пиковые периоды (летние дни, выходные, праздники) целесообразно ввести пропускной режим и систему электронного бронирования для посещения ключевых пляжных зон. Это позволит

распределить поток отдыхающих, не допуская превышения установленных нормативов. Региональный запрет на использование катеров с двигателями внутреннего сгорания должен быть дополнен контролем за его исполнением и распространением на все виды моторных плавучих средств, кроме аварийно-спасательных [47].

Следующий блок мер должен быть направлен на ликвидацию выявленных системных нарушений:

Создание сети перехватывающих парковок за пределами водоохранной зоны с организацией шаттл-доставки отдыхающих к берегу, что решит проблему несанкционированных стоянок;

Безусловный снос стихийных палаточных городков на стационарных поддонах и ликвидация любых объектов, незаконно ограничивающих доступ к береговой полосе;

Введение временного моратория на новое строительство в прибрежной защитной полосе до разработки и утверждения комплексного плана управления территорией, с обязательным проведением процедуры ОВОС для уже заявленных крупных проектов («Баден-Баден»).

Для переориентации части потока и снижения пресса на пляжные зоны необходимо создать и продвигать сеть оборудованных экологических троп различной протяжённости и сложности, обходящих наиболее уязвимые экосистемы. Тропы должны быть оснащены информационными аншлагами, настилами в заболоченных местах и иметь места для отдыха. Остров Веры может стать ключевым объектом такого познавательного туризма при условии усиления контроля за соблюдением маршрута. Важным элементом является создание современного визит-центра природного парка, который будет выполнять функции эколого-просветительского центра, пункта бронирования и координатора волонтёрских программ.

Реализация любых планов невозможна без обеспечения постоянного контроля. Целесообразно рассмотреть создание единого координирующего

органа управления озером с участием представителей Минэкологии, администрации, местного самоуправления и общественных организаций.

Необходимо возобновить регулярный комплексный экологический мониторинг, включив в его программу раздел по оценке рекреационной дигрессии и её влияния на гидрологические и гидрохимические показатели. Должна быть ужесточена административная и материальная ответственность за нарушения природоохранного законодательства.

Таким образом, перспективы освоения озера Тургояк связаны не с наращиванием туристских потоков, а с их качественным перераспределением и жёстким регулированием на основе принципов устойчивого развития.

Выводы по 3 главе

Проведённый комплексный анализ антропогенного воздействия, рекреационной нагрузки и гидроэкологического состояния озера Тургояк позволяет сделать следующие выводы:

1) Историческая динамика антропогенного воздействия характеризуется сменой ведущих факторов. Наиболее разрушительным стал период промышленного водозабора (1951–1991 гг.), вызвавший снижение уровня озера, падение прозрачности с 17,5 до 8–10 м, накопление биогенов и переход водоёма в мезотрофное состояние. После прекращения водозабора в 2000-х гг. экосистема частично восстановилась, но доминирующим фактором давления стала рекреационная нагрузка;

2) Рекреационная нагрузка носит системный характер. Ключевыми проблемами являются фрагментация и коммерческое освоение прибрежной полосы с ограничением свободного доступа), деградация почвенно-растительного покрова, несанкционированные стоянки автотранспорта, стихийные палаточные городки. Расчёт ёмкости показал: при нормативе для ООПТ (16 м²/чел.) фактическая нагрузка достигает 50% от предельно

допустимой, а на популярных участках – значительно превышает её;

3) Крупные инвестиционные проекты, в частности строительство термального курорта «Баден-Баден» (номерной фонд на 654 места), создают качественно новый уровень угрозы: изъятие побережья, рост водопотребления, концентрация туристических потоков. На этапе строительства зафиксированы нарушения природоохранного режима;

4) Гидроэкологическое состояние озера характеризуется как переходное от олиготрофного к мезотрофному с выраженной пространственной неоднородностью. Центральная часть сохраняет олиготрофные черты, прибрежные заливы имеют мезотрофный статус (фосфор до 0,04 мг/л), а локальные зоны антропогенного воздействия (район стройплощадки) приближаются к эвтрофным (фосфор более 0,1 мг/л, аммоний более 0,6 мг/л, цветность выше питьевого норматива);

5) Основными угрозами для уникальной экосистемы озера являются прогрессирующая эвтрофикация с риском необратимого перехода водоёма в мезотрофное состояние; локальная деградация прибрежных зон; кумулятивный эффект антропогенной нагрузки; высокий риск массового «цветения» цианобактерий при дальнейшем росте концентраций фосфора и наступлении благоприятных температурных условий;

6) Для предотвращения деградации экосистемы необходима реализация комплекса пррироодоохранных мероприятий, включая зонирование территории природного парка, нормирование посещаемости, ликвидация нарушений, развитие экотуризма, создание единого координирующего органа управления озером и т.д.

Таким образом, современное гидроэкологическое состояние озера Тургояк характеризуется нарастающим антропогенным прессом. Переход к модели управляемого рекреационного природопользования на принципах устойчивого развития является единственной допустимой перспективой сохранения уникального водоёма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Антропогенное воздействие на озеро Тургояк и его современное гидрологическое состояние» были решены поставленные задачи, что позволило достичь цели исследования.

В рамках решения первой задачи установлено, что озеро Тургояк расположено в межгорной котловине восточного склона Южного Урала, имеет тектоническое происхождение и отличается уникальными морфометрическими параметрами. Климатические условия горно-лесной провинции создают естественные предпосылки для поддержания олиготрофного статуса и высокого качества воды. Гидрографическая сеть характеризуется маловодностью: водосборный бассейн озера невелик (около 72 км²), поверхностные притоки малочисленны, основное питание (до 60%) осуществляется за счёт подземных вод, что обеспечивает формирование пресной воды высокой прозрачности. Географическое положение вблизи города Миасса и высокий рекреационный спрос обусловливают повышенную уязвимость экосистемы к антропогенному воздействию.

В результате решения второй задачи показано, что антропогенное воздействие на озеро прошло несколько этапов. Наиболее разрушительным был период промышленного водозабора для нужд УралАЗа (1951–1991 гг., до 20 тыс. м³/сутки), вызвавший снижение уровня, падение прозрачности с 17,5 до 8–10 м и переход озера в мезотрофное состояние. После прекращения водозабора в 2000-х гг. доминирующим фактором стала рекреационная нагрузка. Современное рекреационное освоение носит системный характер: 22 коллективных средства размещения, строительство крупного термального курорта «Баден-Баден» (654 места), стихийные палаточные городки, несанкционированные стоянки.

При решении третьей задачи выявлено, что в период 2023–2025 гг.

термический режим в целом соответствовал димиктическому типу, однако зафиксированы аномалии: в жарком 2023 г. – повышенный прогрев гиполимниона до 12–14 °С, в многоводные 2024-2025 гг. – снижение прозрачности с 11,5 до 9,0 м (минимальное за последние годы). Гидрохимический состав стабилен (гидрокарбонатный класс, группа кальция, минерализация 124-155 мг/л). Содержание тяжёлых металлов соответствует природному фону. Кислородный режим благоприятен во все сезоны (7–11 мг/л, анаэробные зоны отсутствуют). Наблюдается резкий рост биогенов: концентрация общего фосфора в августе 2025 г. достигла 0,026 мг/л в поверхностных и 0,046 мг/л в придонных водах, что выше уровня в 2023–2024 гг. и соответствует мезотрофным водоёмам.

Решение четвёртой задачи показало, что озеро Тургояк сохраняет олиготрофные черты, однако характеризуется переходным состоянием с выраженной пространственной неоднородностью. Центральная глубоководная часть (прозрачность до 9 м, насыщение кислородом >80%) остается олиготрофной. Прибрежные заливы демонстрируют признаки мезотрофного статуса (фосфор до 0,04 мг/л, активное развитие высшей водной растительности). Локальные зоны антропогенного воздействия приближаются к эвтрофным: фосфор более 0,1 мг/л, аммонийный азот более 0,6 мг/л, цветность выше питьевого норматива (25°). Проведены расчеты природно-ресурсного потенциала (ПРП) по методике С. Г. Захарова. По результатам расчета, ПРП Тургояка составил 4,13 балла из 5. Эта оценка означает высокую пригодность озера для отдыха. Расчёт рекреационной ёмкости показал, что при нормативе для ООПТ (16 м²/чел.) фактическая нагрузка достигает 50% от предельно допустимой, а на популярных участках значительно её превышает.

Идентифицированы основные угрозы: прогрессирующая эвтрофикация, локальная деградация прибрежных зон, кумулятивный эффект антропогенной нагрузки, высокий риск массового «цветения» цианобактерий.

По результатам проведенного исследования предлагаются следующие меры по оптимизации рекреационной нагрузки:

1) внедрение системы зонирования акватории и побережья с выделением зон строгой охраны, регулируемой рекреации и хозяйственного назначения, а также введение электронного бронирования для посещения наиболее популярных пляжных зон в пиковые периоды;

2) ликвидация несанкционированных автостоянок в водоохранной зоне путем организации перехватывающих парковок за ее пределами с шаттл-доставкой отдыхающих к берегу;

3) установление временного моратория на строительство в прибрежной защитной полосе до утверждения комплексного плана управления природным парком «Тургояк» с обязательным проведением оценки воздействия на окружающую среду для всех заявленных инвестиционных проектов.

Таким образом, переход к модели управляемого рекреационного природопользования на принципах устойчивого развития является единственной перспективой сохранения уникального водоёма – «жемчужины Южного Урала» – для будущих поколений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреева М.А. Озера Среднего и Южного Урала: моногр. – Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1973. – 270 с.

2. Ахматов С.В. Основные положения рекреационной лимнологии // Вестник Томского государственного университета. № 333. 2010. С. 169-171.

3. Белов С.А., Дуденцова А.О. Ландшафтно-рекреационный анализ проектируемого биосферного резервата (на примере национального парка Таганай и озера Тургояк) // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. Материалы международной научно-практической конференции (Челябинск, 26–28 сентября 2018 г.) Челябинск: Край Ра, 2018. С. 184–192.

4. Берсенев Е. Загадка озера Тургояк [Электронный ресурс] // Библиотекарь.Ру : электрон. б-ка. – URL: https://bibliotekar.ru/avtor2.htm (дата обращения: 22.06.2025)

5. Болтаев М. М. Гидрологический памятник природы Челябинской области «озеро Тургояк» : в 3 кн. Кн. 1 : Текст записки. – Миасс, 2019.– URL: https://yungeo.ru/press/works/reports2019/%D0%94%D0%94%D0%A2%20%D0%AE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%9C%D0%B8%D0%B0%D1%81%D1%81.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

6. В Челябинской области в 2027 году откроют термальный курорт на озере Тургояк // Яндекс. Путешествия. – Дата публикации: 22.09.2024. – URL: https://travel.yandex.ru/pro/v-chelyabinskoy-oblasti-v-2027-godu-otkroyut-termalnyy-kurort-na-ozere-turgoyak/

7. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 24.02.2021) // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2381.

8. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы : Водный кодекс Российской Федерации (ст. 65, п. 4, ч. 15) от 03.06.2006 № 74-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2381.].

9. ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 32 с.

10. Государственное бюджетное учреждение «Особо охраняемые природные территории Челябинской области». Озеро Тургояк [Электронный ресурс]. – URL: https://oopt.gov74.ru/oopt/overview/oopt/ozeroturgoyak.htm (дата обращения: 15.03.2026).

11. Государственное казенное учреждение культуры «Челябинская областная универсальная научная библиотека». Климат Челябинской области [Электронный ресурс] // Информационный портал библиотек Челябинской области. – 02.02.2026. – URL: https://chelreglib.ru/ru/pages/kray/chelregion/general/ (дата обращения: 28.04.2026).

12. Дом отдыха «Золотой пляж» на Тургояке [Электронный ресурс] // Золотой пляж : клуб-отель : сайт. – 23.07.2020. – URL: https://clc.li/wAiCw (дата обращения: 21.06.2025).

13. Ерохина О.В. Уникальные растительные сообщества окрестностей озера Тургояк (Челябинская область, Южный Урал) // Флористические исследования. – 2012. – УДК 502.171:581.55.

14. Захаров С.Г. Динамика экологического состояния озера Тургояк // Известия Русского географического общества. – 2020. – Т. 152, № 1. – С. 56–65. – DOI: 10.31857/s869607200010085.

15. Захаров С.Г., Бородина А.В. Гидрохимическое состояние озера Тургояк в 2024 г. (Челябинская область) // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала : материалы V Всерос. науч.-практ. конф., посв. 300-летию РАН, 90-летию образования Челяб. обл., 60-

летию со дня рождения П.В. Куликова и 25-летию ботан. сада Челяб. гос. ун-та, 21–22 нояб. 2024 г. : в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. В.В. Меркер. – Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2024. – С. 165–175.

16. Захаров С.Г., Бородина А.В. Гидроэкологическое состояние озера Тургояк в 2023-2025 гг. // Астраханский вестник экологического образования № 5 (89). Науки о Земле. Вып. 5. 2025. С. 61-69. – DOI: 10.36698/2304-5957-2025-5-61-69 https://elibrary.ru/item.asp?id=83150989

17. Захаров С.Г., Голактионова А.О. Рекреационная нагрузка на побережье и акваторию озера Еловое // Вестник Челябинского государственного университета. № 5 (220). Экология. Природопользование. Вып. 5. 2011. С. 81-83.

18. Захаров С.Г., Оценка природного рекреационного потенциала пляжно-купального отдыха на озерах Южного Урала / С.Г. Захаров. – 2021.

19. Измайлова А. В. Тургояк [Электронный ресурс] // Водные объекты России. – URL: https://clc.li/HQrES (дата обращения: 21.06.2025).

20. Карта Челябинской области: Челябинская область, карты генштаб 1км (N-40, N-41, O-40, O-41) : [сайт] / Администрация Варненского муниципального округа Челябинской области. – URL: https://varna74.ru/node/1762 (дата обращения: 12.05.2026).

21. Карташова Н.П., Селиванова А.С. Рекреационная емкость пляжных территорий и их благоустройство (на примере береговой линии реки Воронеж) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 15, №3(2). – 2013. – С. 639-642.

22. Когда лучше ехать на Тургояк – сезонные рекомендации [Электронный ресурс] // Курортный отель «Крутики» KRUTIKI.RU. – URL: https://krutiki.ru/blog/kogda-luchshe-ehat-na-turgojak-sezonnye-rekomendacii/ (дата обращения: 28.04.2026).

23. Когда сходит и становится лед на озере Тургояк [Электронный ресурс] // Golden Beach. – 12.04.2025. – URL: https://goldenbeach.ru/kogda-shodit-i-stanovitsya-lyod-na-ozere-turgoyak/ (дата обращения: 21.06.2025).

24. Косарева Л. Р., Нургалиева Н. Г., Нургалиев Д. К. [и др.]. Предварительные магнитно-минералогические исследования неоплейстоцен-голоценовых осадков озера Тургояк // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2023. – Т. 165(4). – С. 563-576. –DOI: https://doi.org/10.26907/2542-064X.2023.4.563-576.

25. Кувшинка белая из Красной книги [Электронный ресурс] // Florist.ru : электронный журнал. – URL: https://www.florist.ru/articles/about-flowers/kuvshinka-belaya-iz-krasnoy-knigi (дата обращения: 20.06.2025).

26. Макагонов Е. Геологическое строение Миасского района // Миасс.инфо : электронный ресурс. – URL: http://www.miass.info/slovari/article.php?article=461 (дата обращения: 20.06.2025)

27. Маршрут «Вокруг озера Тургояк» [Электронный ресурс] // Тургояк. Территория спорта : сайт. – URL: https://turgoyak-sport.ru/ekotropy/marshrut-vokrug-ozera-turgoyak/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения: 28.04.2026).

28. Масленникова А. В., Удачин В. Н., Дерягин В. В., Штенберг М. В. Реконструкция этапов развития озера Тургояк (Южный Урал) в голоцене // Литосфера. – 2018. Т. 18, №6. – С. 914-927. – DOI: https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927.

29. Масленникова, А. В. Палеоэкология и геохимия озерной седиментации голоцена Урала / А. В. Масленникова, В. Н. Удачин, В. В. Дерягин. – Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2014. – 136 с.

30. О специальных требованиях к использованию прибрежных защитных полос водных объектов: Водный кодекс Российской Федерации (ст. 65, п. 16, ч. 17) от 03.06.2006 № 74-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2381

31. Об утверждении границ памятника природы Челябинской области озера Тургояк и его охранной зоны: постановление

Законодательного Собрания Челябинской области от 25 января 2007 г. N 449 [Электронный ресурс]. Правительство Челябинской области. – Доступ из справ.-правовой системы «Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов».

32. Об утверждении Положения о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах: постановление Правительства РФ от 23.11.1996 № 1404 (ред. от 18.04.2022) // Гарант.ру : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/19800118/ (дата обращения: 20.06.2025).

33. Об утверждении Положения о памятнике природы Челябинской области озере Тургояк : постановление от 23 марта 2007 г. №62-П (ред. От 05.11.2025) [Электронный ресурс]. Правительство Челябинской области. – Доступ из справ.-правовой системы «Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов». – URL: https://docs.cntd.ru/document/499507759 (дата обращения: 21.06.2025).

34. Озеро Инышко – младший брат озера Тургояк [Электронный ресурс] // Золотой пляж : клуб-отель : сайт. – 28.03.2019. – URL: https://clc.li/fmtdy (дата обращения: 21.06.2025).

35. Озеро Инышко [Электронный ресурс] // Портал Челябинской области. – URL: http://chel-portal.ru/enc/Inyshko (дата обращения: 21.06.2025).

36. Озеро Тургояк может превратиться в природный парк с разделением на заповедную и рекреационную зоны // Губерния74. – Дата публикации: 30.06.2021. – URL: https://gubernia74.ru/articles/news/1104401/

37. ООО «Гидрометеоприбор». Батометр Паталаса : паспорт [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург, 2009.

38. От южноуральцев ждут предложений по обустройству туристической инфраструктуры озера Тургояк // Правительство Челябинской области [официальный сайт]. –Дата публикации: 08.11.2022. – URL: https://pravmin.gov74.ru/prav/news/view.htm?id=10990861

39. Пирамида, клад и медузы : тайны озера Инышко [Электронный ресурс] // Вечерний Челябинск : сайт. – 09.01.2014. – URL: https://clc.li/xfCOz (дата обращения: 21.06.2025).

40. Проектная работа «Тургояк – история Уральского Байкала» [Электронный ресурс] // Инфоурок : образовательный портал. – URL: https://infourok.ru/proektnaya-rabota-turgoyak-istoriya-uralskogo-bajkala-7213138.html (дата обращения: 20.06.2025).]

41. Распопов, П. Озеро Тургояк – «уральский Байкал». Остров Веры [Электронный ресурс] / Павел Распопов // Ураловед : краеведческий портал. – Дата публикации: 29.05.2018. – URL: https://uraloved.ru/ozero-turgoyak (дата обращения: 25.06.2025).

42. Россолимо, Л. Л. Олиготрофия озер Южного Урала / Л. Л. Россолимо, Е. И. Федорова // Антропогенный фактор в развитии озер. – Москва : Наука, 1967. – С. 5–25.

43. Семёнов Е. К., Зайцева Н. А., Стерин А. М. [и др.]. Климат [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия 2004–2017 : сайт. – URL: https://old.bigenc.ru/physics/text/5556638 (дата обращения: 28.04.2026).

44. Сементовский В.Н. Тургояк [Текст]/В.Н. Сементовский – Изд-во автора, 1916 – 60 с.

45. Сначёв А. В., Сначёв В. И., Романовская М. А. Геология, условия образования и рудоносность Тургоякского гранитного массива и углеродистых отложений его западного обрамления (Южный Урал) // Вестник Московского Университета. – 2020. – № 4(1). – С. 12-20. – DOI: https://doi.org/10.33623/0579-9406-2020-1-12-20

46. Стоящева Н.В., Головин А.В. Оценка рекреационного потенциала водных объектов на территории бассейна реки Бурла // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2020, № 2, с. 14-21. DOI: 10.17308/geo.2020.2/2880

47. Тургояк – дальнейшее развитие туризма // Яндекс Дзен. – Дата публикации: 31.08.2023. – URL: https://dzen.ru/a/ZPBY9rc8jSZxLcB5

48. Ферштатер Г. Б., Шагалов Е. С., Беа Ф., Монтеро П. Тургоякско-Сыростанская группа гранитоидных массивов зоны Главного Уральского глубинного разлома // Магматические и метаморфические образования Урала и их металлогения. – Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2000. – С. 129-158.

49. Челябинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Уральское УГМС» (Челябинский ЦГМС – филиал ФГБУ «Уральское УГМС»). Климат Челябинской области [Электронный ресурс]. – URL: http://www.chelpogoda.ru/pages/490.php (дата обращения: 28.04.2026).

50. Чернова И. Ю., Косарева Л. Р., Нургалиева Н. Г., Чернова О.С. Цифровая модель озерной системы Тургояк, Южный Урал. Георесурсы. 2025;27(2):264–280. https://doi.org/10.18599/grs.2025.2.20

51. Черняева, Л. Е. Гидрохимия озер (Урал и Приуралье) / Л. Е. Черняева, А. М. Черняев, Т. Н. Еремеева. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1977. – 370 с.

52. Шагалов Е.С. К петрографии и геохимии пород Тургоякского массива (Южный Урал) // Ежегодник-1999 / ИГиГ УрО РАН. – Екатеринбург, 1999. – С. 129-156.

53. Экология озера Тургояк / под ред. В. А. Ткачева, А. Г. Рогозина. – Миасс : [б. и.], 1998. – 154 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Схема расположения уникальных растительных сообщества окрестностей озера Тургояк [13]



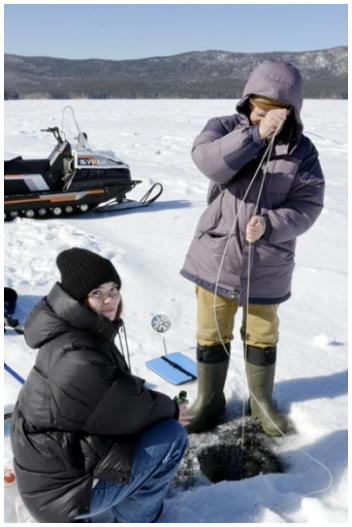
1. участки каменистых степей, 2. заросли степных кустарников, 3. лиственнично-сосновое зеленомошное редколесье, 4. липово-сосновый лес разнотравный с участием вяза шершавого, 5. сосновый лес сфагновый (рямовый), 6. тростниково-осоковое болото, 7. березово-сосновые и сосновые леса тростниково-осоковые, 8. березово-сосновые и сосновые леса осоково-моховые леса.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

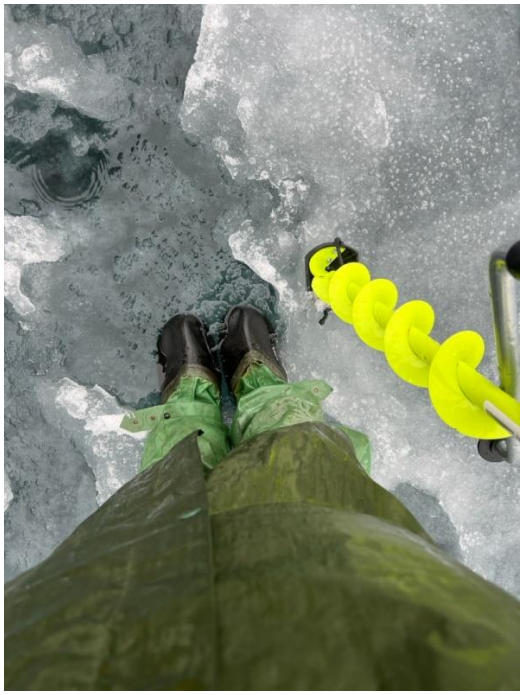
Ход выполняемых работ:

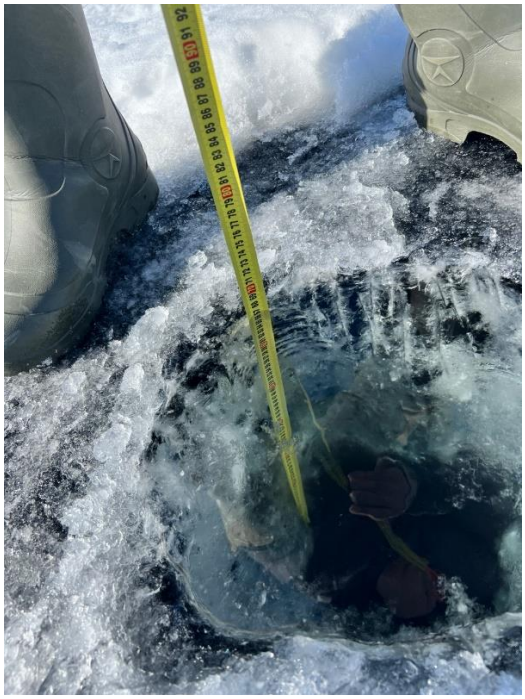
Зимний этап (март 2024-2025 гг.)





Доставка полевого оборудования к месту работ по ледовому покрову оз. Тургояк; выполнение гидрологических измерений и отбор проб воды с помощью батометра Паталаса





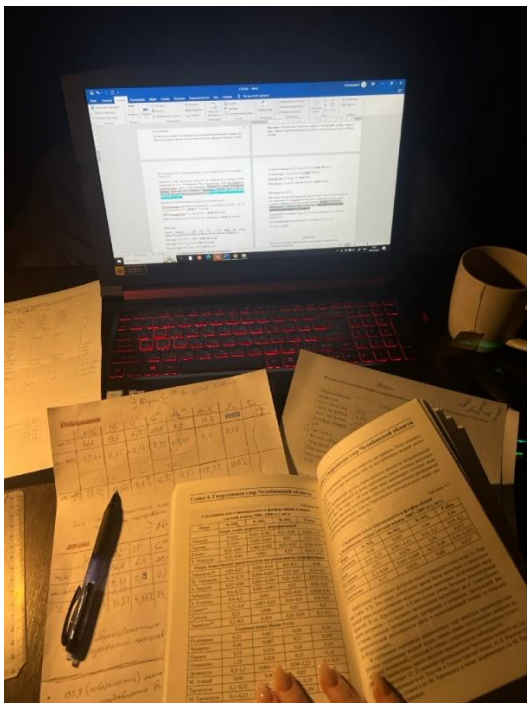
Определение толщины ледового покрова с помощью ледоруба и измерительной рулетки

Летний этап (август, 2025 г.)



Подготовка, отбор проб воды с помощью батометра Паталаса и выполнение гидрологических измерений на борту катера

Камеральный этап



Обработка гидрохимических данных озера Тургояк: составление сводных таблиц и сопоставление с данными предыдущих лет

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Категории и критерии оценки природно-рекреационного потенциала озер [17;18]

Критерии	Благоприятно	Относительно благоприятно	Неблагоприятно
	5-4 балла	3-2 балла	1-0 баллов
Берега (устойчивость)	Устойчивые к гидродинамическим и геодинамическим процессам	Не исключены незначительные склоновые процессы, не представляющие опасности для отдыхающих	Осыпные или оплывные берега; неустойчивые обрывистые, крутые берега
Подходы к воде	Открытые, чистые	Частично заросшие, тропиночные	Топкие, закустаренные, закрытые
Пляж (грунт акватории)	Песчаный, мелкогалечный	Каменистый, крупногалечный валунный	Глинистый, топкий, закоряженный
Пляж (уклон, зона мелководья до 1,3 м)	Малые уклоны, мелководье 20-40 м от уреза воды	Средние уклоны, без ям, мелководье 10-20 м или более 40 м	Значительные уклоны, неровности дна и перепады глубин, мелководье менее 10 м
Пляж (зарастаемость ВВР)	Отсутствие ВВР	Незначительная зарастаемость ВВР за пределами зоны мелководья	Значительная зарастаемость ВВР, в т.ч. в зоне мелководья
Вода (максимальная высота волны, повторяемость 90% в течение комфортного периода отдыха)	Менее 0,5 м	0,5 – 1,0 м	Более 1,0 м
Вода (наличие вдоль береговых течений, водоворотов)	Отсутствие течений и водоворотов	Незначительные течения, отсутствие водоворотов	Вероятны значительные течения (в т.ч. по вертикали) и водовороты
Гидрофизические характеристики (прозрачность, наличие взвесей и пятен)	Более 4 м по белому диску, отсутствие взвесей и поверхностных пленок. Отсутствие пены.	1 - 4 м по белому диску, незначительная мутность у берега; незначительное пенообразование.	Менее 1 м по белому диску, менее 30 см по Снеллену; возможны взвеси, поверхностные пленки (цветения;

			нефтепродуктов), эпизодически обильное вспенивание
Гидрохимические (превышение ПДК)	Отсутствие превышения ПДК, или (эпизодически) не более 3-кратного превышения по отдельным элементам (за исключением содержания кислорода, БПК5, соединений фосфора и органики, а также суперэкотоксикантов)	На уровне 1-3 ПДК (за исключением содержания кислорода, БПК5, соединений фосфора и органики, а также суперэкотоксикантов)	Свыше 3-кратного превышения ПДК
Гидробиологические (частота и интенсивность вспышек «цветения», трофия водоема)	Отсутствие или очень редкие вспышки цветения, в максимуме не превышающие 3 степени цветения. Олиготрофный, олиго-мезотрофный водоем. Вода не должна содержать возбудителей заболеваний.	Редкие вспышки цветения, несколько большей продолжительности, не превышающие 3 степени цветения. Мезотрофный, слабоэвтрофный водоем. Вода не должна содержать возбудителей заболеваний.	Частые вспышки или перманентное цветение в купальный период, интенсивность 3 степени, в максимуме до 4 и 5 степени цветения. Эвтрофный, Политрофный водоем. Эпизодически выявляются возбудители заболеваний.
Комфортный период рекреации (для Южного Урала)	60 дней и более, с температурой воды не ниже 18°С.	45 – 60 дней с температурой воды не ниже 18°С.	Менее 45 дней с температурой воды не ниже 18°С.
Температура воды в зоне пляжа	20 – 25°С.	18 – 19°С.	16 – 18°С.
Тип приозерного ландшафта (пейзажность)	Многоплановый, спелый лесной древостой, живописное побережье и острова	2-3 плановый, малоизрезанное побережье, возможны острова; Лесной (молодой) или лесостепной тип растительности	1-2 плановый, пологие берега, сильно заросшие, отсутствие каменистых островов. Безлесный тип растительности
Состояние (антропогенная	Мало и средне освоенный;	Среднеосвоенный. Дигрессия	Значительно освоенный.

освоенность) прибрежного ландшафта	дигрессия лесопокрытого ландшафта не более 3 степени.	ландшафта 3-4 степени	Дигрессия ландшафта преимущественно 4 и 5 степени
Использование озера в иных целях (помимо рекреации)	Не используется; возможен умеренный водозабор.	Умеренный водозабор; на водосборе ведется не интенсивное сельское хозяйство (отсутствие животноводческих ферм; пахотные земли за пределами 500-м от побережья). Отсутствие крупных промышленных предприятий на водосборе.	Значительный водозабор; водоотведение; Водосборная площадь значительно изменена промышленным или с/х воздействием; в зоне водозащитной полосы встречаются инженерные сооружения.