



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

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ГЕОГРАФИИ

Гидроэкологическое состояние и рекреационный потенциал озер
Хомутининской группы

Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Направленность программы бакалавриата
«Экономика. География»
Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:
76 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
« 09 » 06 2020 г.
зав. кафедрой географии и МОГ,
Малаев Александр Владимирович

Выполнила:
Студентка группы ОФ-501/069-5-1
Мартынова Мария Максимовна

Научный руководитель:
канд. геогр. наук, доцент
Захаров Сергей Геннадьевич

Челябинск
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОЗЕР	6
1.1 Климатические условия района.....	9
1.2 Геологические условия изучаемой местности	12
1.3 Почвы и растительный покров	14
Вывод по главе 1	15
ГЛАВА 2. ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕР ХОМУТИНИНСКОЙ ГРУППЫ.....	17
2.1 Методика и материалы исследования.....	17
2.2 Водный режим и морфометрия озер	18
2.3 Гидрофизические характеристики озер и органическое вещество.....	19
2.4 Гидрохимические особенности озер.....	20
Выводы по главе 2.....	24
ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР	26
3.1 Трофический статус водоемов.....	26
3.2 Современная рекреационная нагрузка.....	29
Вывод по главе 3	34
ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ГЕОГРАФИИ.....	36
4.1 Организация полевых исследований с учащимися на озерах Хомутининской группы	36
4.2 Конспект урока по краеведению по теме «Озера Челябинской области» (6 класс)	42
4.3 Конспект исследовательского похода на озера Челябинской области (8 класс).....	47
Выводы по главе 4.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	54

ВВЕДЕНИЕ

Озера Хомутининской группа расположены в Увельском районе Челябинской области. Это уникальная группа малых озер с чрезвычайно высоким разнообразием химического состава вод. Озерная группа включает пять малых водоемов: Горькое, Подборное, Леничево, Круглое, Чокарево.

Озера Горькое и Подборное из-за уникальности состава вод объявлены гидрологическими памятниками природы. Разнообразные лечебные факторы местности – минеральные воды, лечебные грязи, хорошие ландшафтно-климатические условия делают этот район перспективным для развития курортной деятельности.

В силу повышенной аттрактивности озер, их бальнеологические и рекреационные ресурсы активно эксплуатируются. Степень изменения озер под влиянием антропогенной нагрузки не изучена.

Объектом исследования являются озера Хомутининской группы – Горькое, Леничево, Круглое, Подборное, Чокарево.

Предметом исследования является гидрофизическое и гидрохимическое состояние озер, а также гидроэкологическое состояние озер, обусловленное влиянием природных и антропогенных факторов.

Цель исследования – оценить гидроэкологическое состояние и возможности рекреационного использования озер Хомутининской группы.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи исследования:

- 1) Изучить гидрофизические и гидрохимические параметры экосистем и выявить основные ингредиенты загрязнения местных озерных вод.

- 2) Определить современное гидроэкологическое состояние озер и их рекреационный потенциал.

3) Рекомендовать мероприятия по оптимизации природопользования и охране озер Хомутинской группы

4) Применить полученные данные в учебном курсе средней школы и внешкольном дополнительном образовании

Методы исследований: полевые и дистанционные наблюдения за озерами Хомутинской группы в период 2016 – 2019 гг. с помощью специализированных современных измерительных приборов; обработка и анализ результатов измерений гидрофизических и гидрохимических параметров озерных вод и результатов численного моделирования.

Научная новизна: Собраны данные о состоянии озер за период с 1961 по 2019 гг.; впервые для озер Челябинской области обнаружена смена гидрохимического класса с хлоридного на гидрокарбонатный при увеличении минерализации в оз. Подборное; рассмотрена возможность единого направления развития хозяйства и комплексной охраны водоемов в ранге озерной местности.

Практическая значимость: Дано описание современного гидрохимического режима Хомутинской группы озер Челябинской области; особенно трех наиболее отличающихся друг от друга водоемов: озер Подборное, Круглое и Горькое. Выявлены некоторые параметры морфометрии, определена минерализация, состав основных ионов воды и микроэлементов, биогенных элементов и органического вещества. Определены наиболее контрастные элементы химического состава вод озер с целью выявления уникальности озер – памятников природы. Выявлено возможное антропогенное загрязнение. Рекомендована хозяйственная и природоохранная деятельность, учитывающая всю уникальную озерную местность.

Апробация работы: по результатам исследования делались доклады на конференциях:

- 1) «Универсиада студенческой науки в ЮУрГГПУ» в апреле 2017, 2018 и апреле 2019 г.;

- 2) Международная научно-практическая конференция «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий» (Челябинск, 26-28 сентября 2018 г.);
- 3) Международная научно-практическая конференция «Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества» (Челябинск, 2019 г.).

По теме исследования имеется 6 публикаций, в т.ч. 1 публикация в журнале списка ВАК.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОЗЕР

Озера Хомутинской группы расположены на юго-востоке Челябинской области, в пределах восточных границ Зауральского пенеблена, в бассейне реки Увелька, впадающую в реку Тобол. Озера лежат в зоне лесостепных ландшафтов, почвы представлены выщелоченными черноземами, серыми лесными почвами и солодами.

В административном делении озера относятся к Увельскому району и расположены вблизи села Хомутино: Подборное, Чокарево и Круглое – на юго-востоке села, Горькое – на севере, а Оленичево – на северо-востоке.

Озеро Горькое. Вода в озере щелочная, повышенной минерализации, хлоридно-натриевого состава. Донные отложения представлены минеральными глинами, запасы которых составляют более 200 тыс. м³. Грязь черная, однородная, хорошего качества.

Озеро Круглое – водоем округлой формы, пресноводный, бессточный. Прибрежный ландшафт равнинный: на северном и западном берегах озера стоит село Хомутино, на «нежилых» берегах возвышаются березовые и сосновые леса. Для озера характерны воды гидрокарбонатного класса с высокой долей хлоридов; в катионном составе преобладают группы магния и натрия; гидрохимический тип в основном сульфатно-натриевый (II) (таблица 5). Из всех озер группы озеро Круглое является наименее минерализованным; под ним нет линзы минеральных вод [28]. Отмечается некоторое увеличение минерализации с 1,2 г/л в 1960 – 70 гг. до 1,6 – 2,0 г/л в различные сезоны года в 1999 – 2019 гг. Диапазон изменения характеристик общей минерализации за длительный период весьма умеренный (1,2 – 2,0 г/л) по сравнению с озерами Горькое и Подборное [13].

Озеро Оленичево расположено к востоку от озера Горькое, с которым соединено протокой. Площадь водного зеркала 0,81 км² (при абсолютной отметке уровня 218 м по БС). Форма грушевидная, вытянутая в северо-западном направлении. Берега пологие, заболоченные; к южному берегу примыкает березовый лес. Вода в озере горько-соленая (общая минерализация 11,2 г/л), по преобладающим ионам и соотношению между ними — хлоридно-натриевого типа. На дне озера залегают иловые сероводородные грязи, представляющие собой однородную пластичную массу темно-серого и серого цвета. Ориентировочные запасы иловых отложений около 150 тыс. м³ [2]. Вода озера также обладает целебными свойствами.

Озеро Подборное славится целебной щелочной водой и минеральными грязями. Участок земной поверхности, на которой расположены Хомутининские озера, лежит на кристаллическом фундаменте, прикрытом чехлом из мезо-кайнозойских отложений — континентальных и морских осадков мощностью от 70 до 100 м (увеличение происходит одновременно с погружением фундамента с Запада на Восток). На осадочных отложениях находится небольшой по мощности (до 6—8 м) четвертичный покров — супеси, суглинки, глины. В третичных отложениях, на глубине 20—30 м, к северу от Подборного и к Северо-Востоку от озера Горькое обнаружены линзы минеральных вод (остатки древнего моря), которые используются в качестве лечебно-питьевых. Вода в Подборном чистая, прозрачная, но подвержена цветению, солоноватая, хлоридно-натриевого или гидрокарбонатного состава (в годы с различной увлажненностью), повышенной щелочности; минерализация 4,5—9 г/л. В ней содержатся различные микроэлементы: алюминий, ванадий, железо, стронций, титан и др. Мощность грязевых отложений около 2 м; запасы их составляют около 4,5 млн. м³ [2]. Грязь серого цвета, очень пластичная, с ничтожной засоренностью, содержит

сероводород. Озеро окружено лесами, к юго-западной стороне его примыкает сосновый бор. Берега большей частью песчаные.

Озеро Чокарево имеет округлую форму и плавную береговую линию. Озерная котловина неглубокая, слабо выраженная. Образовалась в результате просадочных процессов (им благоприятствовало наличие в осадочных горных породах легкорастворимых солей). Берега низкие и пологие, на отдельных участках топкие. Дно ровное, покрыто иловыми отложениями. Большая часть поверхности озера заросла. Площадь водосбора 6,6 км². Он представляет собой всхолмленную равнину, сложенную четвертичными отложениями. Почвы большей частью засолены. Водосбор покрыт лесостепной растительностью и сосново-березовыми колками. Озеро питается в основном за счет местного поверхностного и подземного стоков, атмосферных осадков. Вода в Чокарево соленая (минерализация более 6 г/л), по химическому составу хлоридно-гидрокарбонатно-натриевая, содового типа.

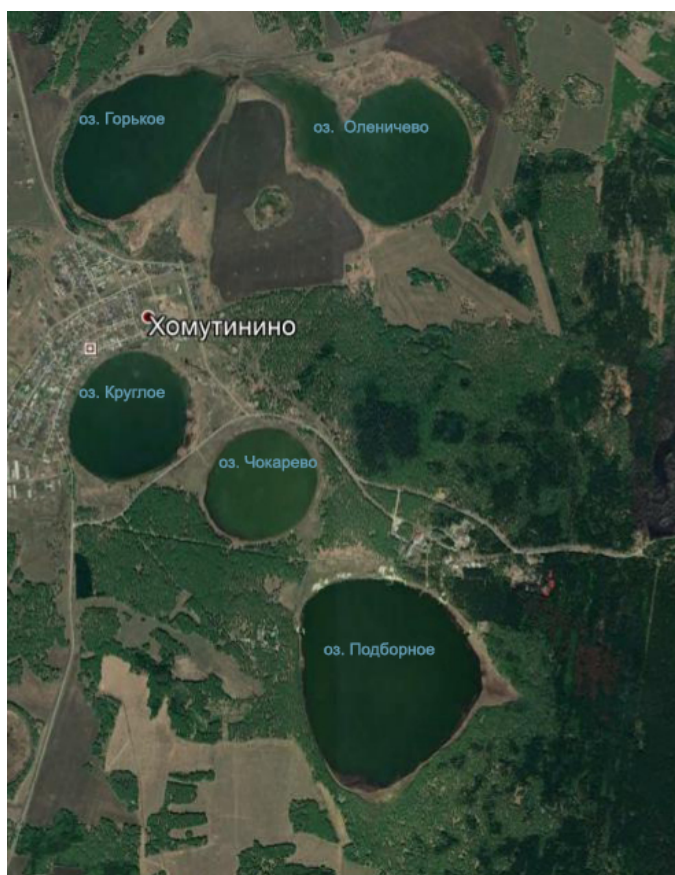


Рисунок 1 – Местоположение озер Хомутининской группы

Котловины этих озер просадочного происхождения, их образование связано с вымыванием рыхлых пород грунтовыми водами и неравномерным уплотнением грунтов под воздействием аллювиальных процессов [2]. Изучаемые озера входят в рекреационную зону курорта Урал.

1.1 Климатические условия района

Климат рассматриваемого района определяется его положением в глубине Европейско-Азиатского материка, режимом составляющих радиационного баланса и циркуляции атмосферы. Радиационный баланс R района характеризуется следующими показателями: годовой приход суммарной радиации составляет 100 ккал/см^2 , из которых доля прямой солнечной радиации равна 52 ккал/см^2 , что составляет 73% - для суммарной солнечной радиации и 48% - прямой, от возможного годового прихода солнечной радиации. И для суммарной, и для прямой характерно быстрое нарастание в марте и спад в октябре. В период с апреля по август приток суммарной радиации составляет 70%, а прямой 75% от годовой суммы. Баланс коротковолновой поглощенной радиации в период весна-лето – 54 ккал/см^2 .

Переход R через «0» весной происходит в начале третьей декады марта, а осенью – в конце октября, т.к. период с положительным R равным 7,5 месяцев.

Анализируя данные, можно сказать, что R способствовала образованию лесостепной биоклиматической зоны.

Годовая продолжительность солнечного сияния 2250 часов. Наибольшие месячные суммы часов солнечного сияния отмечены с мая по август.

Режим атмосферной циркуляции в районе Хомутинских озер определяется равнинностью территории, наличием меридионально

расположенных Уральских гор к западу от района исследования и открытой территорией с севера. В результате этого район легко доступен воздействию арктических масс воздуха, отличающихся большой сухостью и низкими температурами во все времена года. Весной эти вторжения вызывают сильное похолодание.

Атлантический воздух проходит сюда уже сильно трансформированным и нередко перерождается здесь в континентальный воздух умеренных широт.

В холодное время года территория находится под воздействием северо-западной части западного отрога азиатского антициклона, что обуславливает процесс сильного выхолаживания. Кратковременное потепление обычно связано с прохождением циклонов вдоль отрога азиатского А.

Переход к весне характерен усилением интенсивности циркуляции, увеличением циклонической деятельности и постепенным ослаблением и размыванием отрога антициклона. С этими процессами связано усилением ветра преимущественно западного направления, а также усилением адвекции теплого воздуха по территории отрога антициклона и в теплом секторе южных циклонов.

Величина R и особенности местной атмосферной циркуляции способствуют быстрому таянию снежного покрова.

Весна и начало лето является наиболее сухими и ветреными времена года. В летнее время барическое поле сильно размыто. Циклоническая деятельность имеет более спокойный характер, чем в другие сезоны года. Уральские горы способствуют увеличению циклонической деятельности в Зауралье. Под влиянием горного хребта, а также проникновению далеко на юг арктических масс воздуха.

Отчетливо выражены сезонные изменения R , режима атмосферной циркуляции и свойств подстилающей поверхности сказывается на резких изменениях хода метеорологических элементов в течение года [4].

Атмосферное давление в изучаемом районе наиболее высоко зимой, что обуславливает влияние азиатского А, летом – давление низкое, а барическое поле размыто.

Резкое изменение давления летом связано с прохождением фронта с грозами.

Годовой ход температур связан с годовым притоком солнечной радиации. Средняя температура января = -17°C , минимальная $t = -46^{\circ}\text{C}$. Самый теплый месяц июль, средняя температура = $+19^{\circ}\text{C}$.

Количество осадков за год примерно 310 мм. В зимние месяцы их количество не превышает 19 мм в месяц, летом – от 40 мм в августа до 60 мм в июле.

Ветровой режим в течение года очень изменчив. Зимой направление ветра юго-западное, весной и летом – западное; осенью увеличивается повторяемость юго-западных ветров, наиболее ветренными месяцами являются февраль и май, когда среднемесячная скорость ветра равна 5 м/с. Июль самый безветренный месяц.

Зима характеризуется умеренно-холодным климатом, продолжительность – с ноября по март. Характерно наличие устойчивого снежного покрова и отрицательного радиационного баланса. Для зимнего периода свойственно преобладание значительно-морозных (со среднесуточными температурами от $-12,5$ до $-22,4^{\circ}\text{C}$) и умеренно-морозных погод (среднесуточная температура от $-2,5$ до $-12,4^{\circ}\text{C}$).

Продолжительность весны определяется средними датами устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через « 0°C » в начале периода и через $+10^{\circ}\text{C}$ – в конце его. Весна продолжается в первой декаде апреля по первую декаду мая.

Лето условно ограничивается временем устойчивого периода среднесуточных температур через « 0°C » и продолжается с первой декады мая по вторую декаду сентября.

Осень продолжается со второй декады сентября по первую декаду ноября. Характеризуется резким спадом суммарной радиации.

В целом, территория исследуемого района относится к слабо засушливым, с коэффициентом увлажнения 0,5-0,6 [2]. Климат местности умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно-холодной зимой.

1.2 Геологические условия изучаемой местности

В структурном отношении район приурочен к зоне сочленения палеозойского Урала с восточным Зауральем. В связи с этим в его границах выделяются структуры, относящиеся к трем крупным зонам: Урало-Тобольскому антиклинорию, Брединскому синклинорию и Камышловскому антиклинорию.

К зоне Урало-Тобольского антиклинория относится западная часть района, расположенная к западу от Челябинского бассейна. Эта часть относится к южному периклинальному погружению структуры, в ядре которой залегает Челябинский гранитный массив.

Восточная часть района относится к Камышловскому антиклинорию, где получили развитие отложения ордовика, силура, вмещающие интрузивные тела гранитов и диоритов. На фоне общей антиклинальной структуры здесь вырисовываются более мелкие складки, в крайней юго-восточной части района. Ее ядро фиксируется интрузивными телами, залегающими восточнее поселка Малое Шумаково. Здесь же выделяют Троицко-Дуванкульскую синклиналь, в ядре которой расположены образования верхнего ордовика [5].

Район Хомутининской группы озер располагается в пределах северной части Санарского интрузивного массива. В строении принимают участие породы мезозоя и кайнозоя, горизонтально залегающие на интрузивных породах Санарского кристаллического массива.

Кайнозойские отложения представлены палеогеновыми, неогеновыми, четвертичными отложениями.

В палеогене шло интенсивное накопление палеогеновых толщ, состоящих из песков, опок, диатомитов, местами глин и карбонатов. В неогене с регрессией моря на территории накопились мощные континентальные толщи, представленные в основном песчаниками и глинами. Для четвертичного периода типично отложение песка, глины и остатков животных организмов. В основании стратиграфического разреза района залегают породы палеозойского возраста, наиболее распространены гранодиориты, занимающие центральную и южную части района. Кварцевые диориты развиты в его северо-западной части. Гранодиориты представлены крупнокристаллическими и порфировидными разновидностями, иногда трещиноватыми с зеркалами скольжения, по которым заметны налеты хлорита. Структура породы гранитная.

Глубина залегания кровли палеозойских отложений от поверхности колеблется в пределах от 79,5 до 113 метров. Кровля палеозойских пород погружена с запада на восток с юго-восток [6].

В отложениях третичного возраста в районе озера Подборное вскрыто два водоносных горизонта, приуроченных к верхнему и среднему слою опок, горизонты залегают в виде линзообразных полос, вытянутых в меридиональном направлении, северо-восточнее озера Подборное и севернее озер Оленичево и Горькое.

Ширина линз составляет 1200 метров. Среди местных минеральных вод по химическому составу выделяют три группы:

I Гидрокарбонатно-хлоридные натриевого типа, который имеет небольшое распространение в районе озера Подборное и приурочен к первому водоносному горизонту. Воды солоноватые, мягкие и умеренно-жесткие 2,5-7,39 экв/литр.

II Хлоридно-натриевый тип, значительно распространен и приурочен ко второму водоносному горизонту в районе озера Подборное и первому

горизонту в районе озера Горькое. Воды щелочные, повышенной минерализации и жесткости.

III Хлоридный магниевый-натриевый тип, приурочен ко второму водоносному горизонту в районе озера Горькое. Вода очень жесткая [2].

1.3 Почвы и растительный покров

Территория Хомутиных озер характеризуется выщелоченными и оподзоленными черноземами с маломощным среднесуглинистым горизонтом, механический состав – средний суглинок, незначительно подвержен водной и ветровой эрозии.

В целом, характерной особенностью почв лесостепной зоны следует считать более мощный перегнойный горизонт, нежели у дерново-подзолистых почв, наличие в нижней части прокрашенного органическим веществом слоя почвы, кремнеземистой присыпки, наличие иллювиального горизонта В, и выщелоченного В₂, лишенного углекислых солей и кальция или сильно обедненных этими солями.

В лесистой части района ежегодно образуется значительное количество опада, с которым в почву поступают минеральные вещества, среди которых более половины составляют щелочные и щелочноземельные основания. Травяной покров также оставляет значительное количество органических веществ и зональных элементов.

Горизонты представлены: А – более мощный, перегнойный; В₁ – иллювиальный ореховато-призматической структуры, буроватой окраски. В большом количестве наблюдается наличие SiO₂, характеризуется постепенным переходом к горизонту В₂. В₂ – выщелоченный, буровато-желтого цвета, переход постепенный [4].

Растительный покров представлен древесной растительностью – это березовые колки и произрастающими единичными осинами, на песчаной

(по глинистому пласту) почве возвышаются сосновые боры – Хомутининский бор.

Травянистая растительность представлена видами, цветущими ранней весной или летом: лапчатка прямостоячая, одуванчик и др. По опушкам произрастают кустарники степная вишня, шиповник и др.

Типичные ландшафты для этой местности березовые и осиново-березовые колки, а также луговые степи, остепененные луга. В физико-географическом районировании район Хомутининских озер относится к Западно-Сибирской равнине, лесостепной зоне с южными лесостепями, березовыми колками и луговыми степями.

Вывод по главе 1

Климат Челябинской области характеризуется как умеренно теплый, континентальный, с продолжительной зимой, теплым летом и короткими переходными сезонами. Озера Хомутининской группы озер расположены на территории Западно-Сибирской равнины.

Исследуемые озера входят в бассейн реки Тобол. Описываемые озера лежат в зоне предгорных южно-таежных ландшафтов (Уральская горная страна, горно-лесная зона, провинция восточных предгорий) на серых лесных почвах (кислые, маломощные), покрытых сосново-березовыми лесами с примесью мелколиственных пород – осины, ольхи, липы. Осиново-березовые леса и сопутствующая им травянистая растительность распространены в основном у подножий возвышенностей, в то время как сосновые участки леса с примесью березы занимают вершины гряд и холмов. В низинах на глубокодерновой почве преобладает ивово-березовый древостой с луговой травянистой растительностью.

Хомутининская группа озер располагается на Западно-Сибирской равнине, в лесостепной зоне, в провинции первично-аккумулятивной озерно-морской равнины в подзоне южной озерной лесостепи.

Лесостепные ландшафты представлены березовыми и осиновыми лесами на черноземах выщелоченных и оподзоленных. Подрост обычно здесь небольшой.

Хомутининские озера – это группа очень небольших озер, так называемых степных блюдец, представляют особую ценность в связи с их разнородным химическим составом и высокой лечебной ценностью вод и грязей.

Котловины озер Подборное, Чокарево, Круглое, Горькое и Оленичево – суффозионного (просадочного) происхождения. Они возникли несколько тысяч лет назад в пористых породах, которые способны при замачивании уплотняться, то есть произошла частичная усадка грунта, а также вследствие процессов суффозии, когда происходит вымывание подземными водами легкорастворимых частиц солей.

ГЛАВА 2. ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕР ХОМУТИНИНСКОЙ ГРУППЫ

2.1 Методика и материалы исследования

В 2016-2019 гг. проводились гидрофизические исследования озер Хомутининской группы во все основные гидрологические сезоны. Озера Горькое и Подборное из-за уникальности своих вод объявлены гидрологическими памятниками природы. Озеро Круглое наиболее зонально среди всех озер Хомутининской группы. Озера Горькое и Оленичево лежат в пределах одной напорной линзы подземных вод; Чокарево и Подборное – в пределах другой напорной линзы подземных вод. Гидрохимические исследования проводились на наиболее контрастных по химическому составу вод озерах группы: Горькое, Подборное, Круглое. Исследовалась прозрачность воды, в центральной части озер были отобраны комплексные пробы на изучение следующих групп веществ: основные ионы, микроэлементы, биогенные элементы, органическое вещество. Для выявления многолетней динамики были привлечены материалы научного руководителя и данные предыдущих исследователей [2, 33]. Отобранные пробы анализировались в аккредитованной лаборатории поверхностных вод ГУ «Челябинский ЦГМС» согласно пакета методик РД. 52.24. ... – 95 (05). Исследования проводились для выявления наиболее контрастных гидрохимических элементов и выявления вероятного антропогенного воздействия на водные массы озер.

2.2 Водный режим и морфометрия озер

Район изучаемых озер относится к зоне умеренного и недостаточного увлажнения к подзоне господствующего испарения; в расходной части водного баланса господствует испарение, в приходной части преобладают осадки [2]. Котловины озер имеют просадочное происхождение, их образование связано с вымыванием рыхлых пород грунтовыми водами и неравномерным уплотнением грунтов. По типу водного баланса изучаемые озера Хомутинской группы являются бессточными, глухими.

Значительную роль в питании исследуемых малых озер (таблица 1) играют минеральные напорные подземные воды хлоридно-магниево-натриевого и хлоридно-натриевого состава. По химическому составу озера принадлежат к классу Mesosaline [7].

Таблица 1 – Морфометрические параметры озер [2]

Озеро	S, км ²	V, млн. м ³	H макс., м	H ср., м
Горькое	0,57	1,22	3,0	2,1
Круглое	0,36	0,54	2,5	1,5
Подборное	1,25	2,67	3,0	2,14
Чокарево	0,28	0,34	3,0	1,9
Оленичево	0,81	1,02	1,8	1,26

Котловины Хомутинских озер небольшие, форма их овальная или круглая. Озеро Круглое обладает типичными ландшафтными характеристиками для озер северной лесостепи. Если так можно выразиться, озеро Круглое наиболее зонально среди всех озер Хомутинской группы. Озера Горькое и Оленичево лежат в пределах одной напорной линзы подземных вод; Чокарево и Подборное – в пределах другой напорной линзы подземных вод. В данной работе обсуждается гидрофизические и гидрохимический режимы наиболее контрастных по химическому составу вод озер группы: Горькое, Подборное, Круглое.

Озера характеризуются также различными относительными показателями, так или иначе отражающие форму их котловин (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетные морфометрические параметры озер

Озеро	Коэф. разв. бер. линии $\frac{l}{2\sqrt{S\pi}}$	Коэф. относ. глубины $\frac{H_{ср.}}{\sqrt[3]{S}}$	Коэф. открыт. $\frac{S}{H_{ср.}}$	Коэф. ёмкости $\frac{H_{ср.}}{H_{max}}$
Горькое	1,0	1,21	1,75	0,58
Круглое	1,04	2,11	0,24	0,6
Подборное	1,05	2,0	0,58	0,71

2.3 Гидрофизические характеристики озер и органическое вещество

Водородный показатель (рН) исследуемых озер в многолетнем аспекте стабилен (слабощелочная среда): 8,36 – 8,87 для оз. Горькое и 9,22 – 9,4 для оз. Подборное. В озере Круглое в период с 1999 по 2007 г рН составлял 8,19 – 8,78; в 2019 г отмечено возрастание до 9,13. Количество взвешенных веществ в воде изучаемых озер в целом незначительно 5,0 – 8,0 мг/л. В 2007 г. отмечались повышенные концентрации взвешенных веществ – от 11,5 мг/л в оз. Подборное и до 24,5 мг/л в озере Круглое и 27,5 мг/л в оз. Горькое [13].

В воде озер обнаружено значительное количество органического вещества (таблица 3).

Таблица 3 – Концентрация органических веществ в воде озер за период 2007 – 2019 гг.* [8, 13]

Озера	Год	Цветность, °	Перманганатная окисляемость, мгО/л	ХПК, мгО/л
Подборное	2007	52 – 138*	37,0 – 57,4	56,4 – 90,8
	2018	18	24,7	301,8
Горькое	2007	31 – 32	22,4 – 24,1	63,6 – 91,8

Продолжение Таблицы 3

	2018	21	19,5	455,9
Круглое	2007	38 – 65	17,38 – 21,7	59,1 – 93,9
	2019	42	17,1	88,8

* -- выделенные шрифтом – подледный период

Прозрачность воды озер Хомутинской группы в целом невысока. Сентябрь-октябрь время наивысшего цветения сине-зеленых водорослей. В большинстве озер это самый низкий показатель за исключением озер Горькое и Подборное (пляжно-купальный отдых). Наименьшая прозрачность наблюдается в летний период в Горьком и Подборном (гипертрофные озера). Помимо цветения и механического взмучивания этот показатель связан с деятельностью человека. Наивысшая прозрачность наблюдается в зимний период (ветра, волн нет, цветение минимизировано). В озере Круглом максимальная прозрачность воды наблюдается зимой – 0,8 м (низкие температуры, как следствие, замедленный биологический круговорот; ледовый покров, как следствие – отсутствие ветрового взмучивания), а также в июне – 0,85 м (обусловлена сменой доминант планктонных водорослей при относительно невысоком прогреве воды) (таблица 7).

2.4 Гидрохимические особенности озер

Используя классификацию общей минерализации вод (Б.Б.Богословский, 1960; О.А. Алекин, 1970), озера Хомутинской группы можно отнести к солоноватым («слабосоленоватые – сильносоленоватые»).

Вода озер Подборное, Горькое хлоридного класса III типа группы натрия (общая минерализация, соответственно, 7,9 и 4,6 г/л), озера Круглое

– гидрокарбонатно-хлоридного класса I типа группы натрия (общая минерализация 1,8 г/л) (рисунок 4).

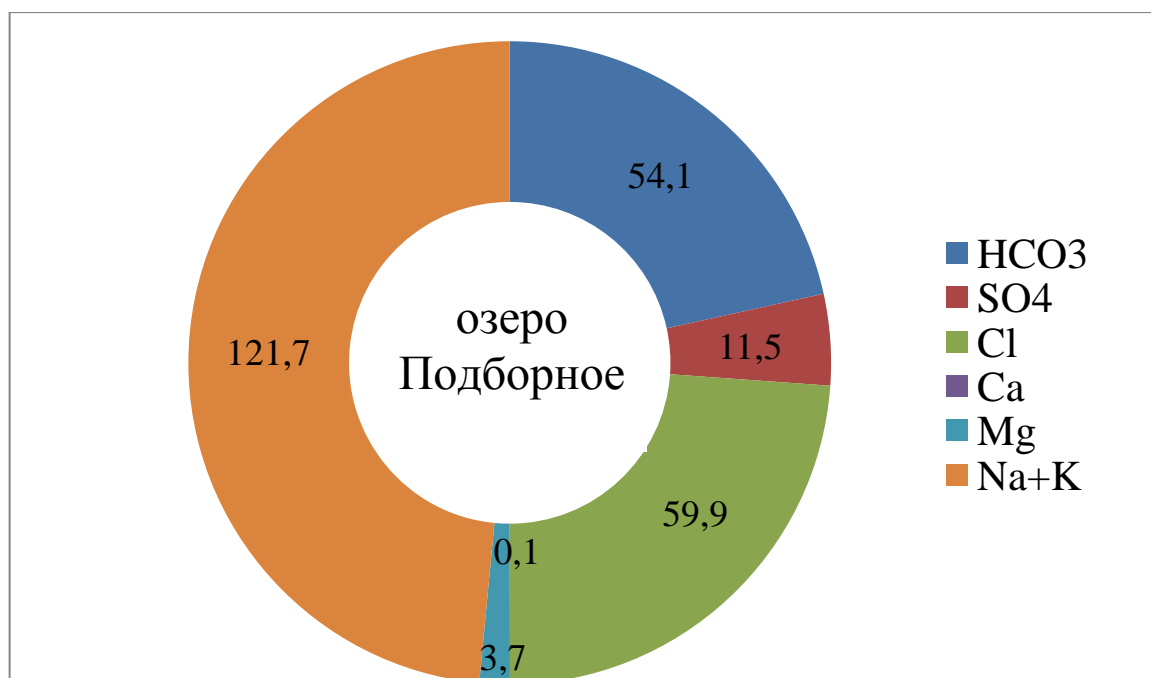


Рисунок 2 – Соотношение основных ионов в озере Подборное, мг*экв/л, 2018г.

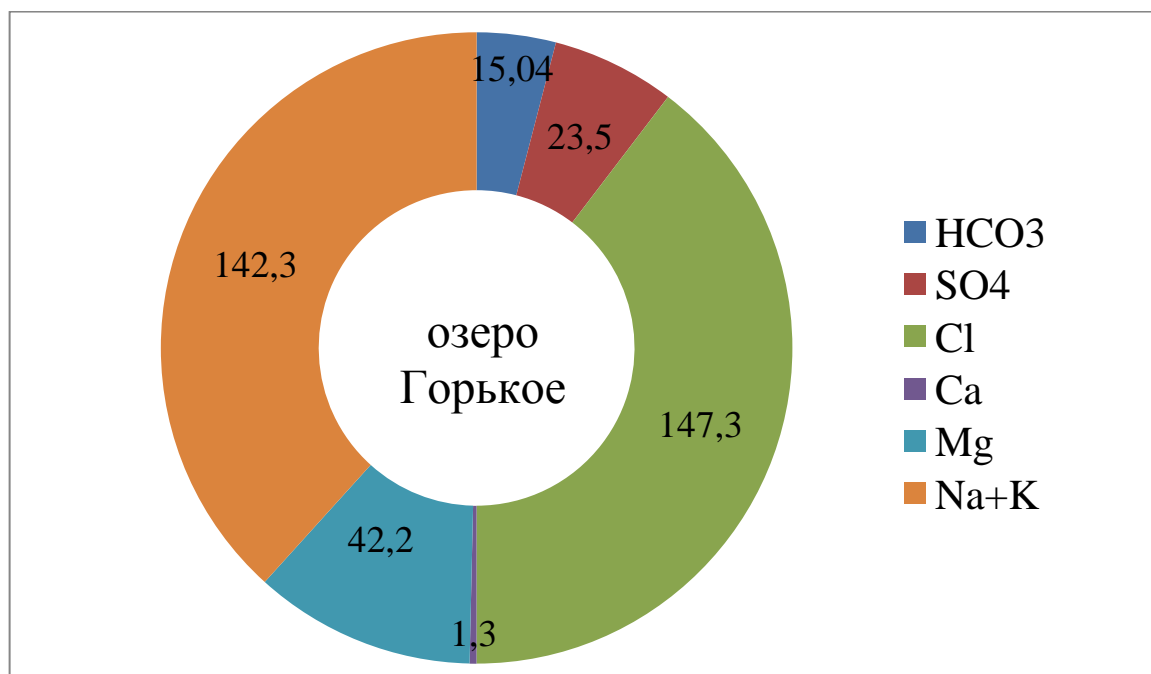


Рисунок 3 – Соотношение основных ионов в озере Горькое, мг*экв/л, 2018г.

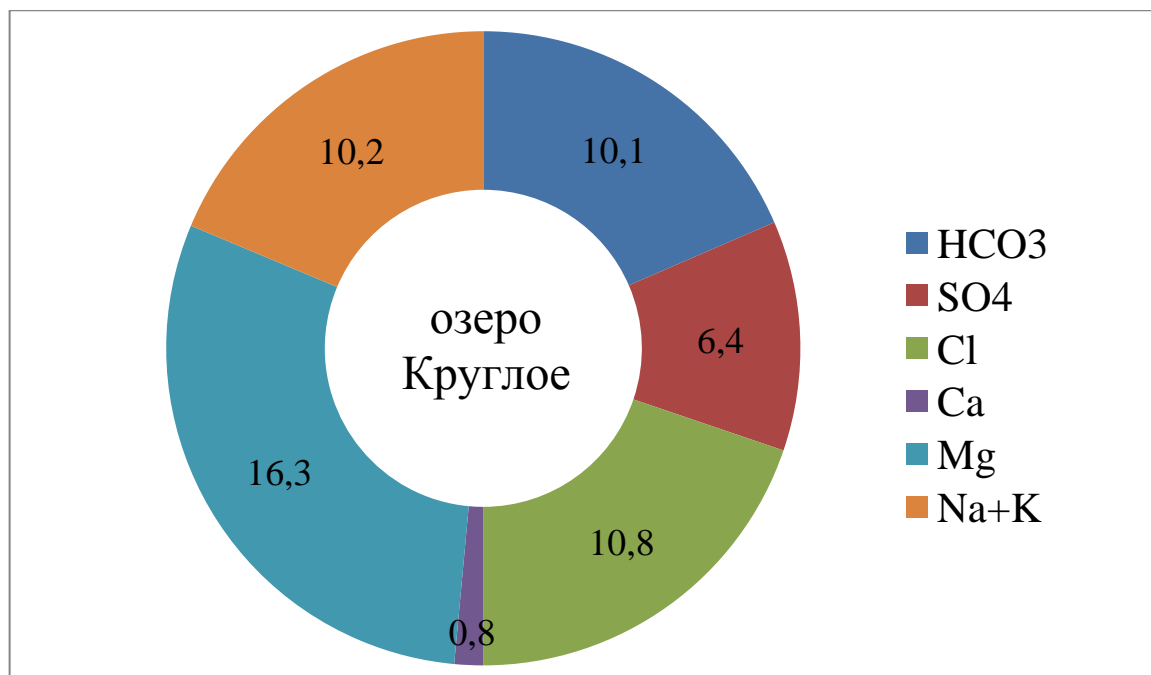


Рисунок 4 – Соотношение основных ионов в озере Круглое, мг*эquiv/л, 2019г.

Для озера Горькое характерны воды хлоридного класса группы натрия; гидрохимический тип варьирует от сульфатно-натриевого (II) до хлоридно-магниевое (IIIa). Озеро Подборное имеет переменный класс вод: в 1960-70 гг. хлоридный, 1999 – 2003 гг. – гидрокарбонатный, 2007 г. – хлоридный [2]; в 2018 г. – снова гидрокарбонатный. В катионном составе устойчиво доминирует натрий, тип воды содовый (I) (таблица 4).

Таблица 4 – Общая минерализация озерных вод (мг/дм³) за период 1961 – 2019гг.

Озера	1961*	Август 1963*	Сентябрь 1999*	Январь 2003*	Март 2007*	Октябрь 2007*	Июнь 2018	Июнь 2019
Подборное	4532 Cl-Na	5200 Cl Na/I	8992,1 C Na/I	7253,3 C Na/I	5568,7 Cl Na/II	5629 Cl Na/I	9597 C Na/I	---
Горькое	8437 Cl-Na	---	---	12258 Cl Na/II	10450 Cl Na/II	11283 Cl Na/II	11312,7 Cl Na/IIIa	---
Круглое	1200 C Na/I	---	1616 C Mg/II	2086 C Na/II	---	1725 Cl Na/II		1847 C Mg/II

* -- 1961 – по [2, 14]; 1963 – по [33]; 1999-2003 – по[7]; 2007 – по [8]

В октябре 2007 г. воды оз. Подборное имели переходный гидрохимический класс между хлоридным и гидрокарбонатным ($rCl = 39,6$ и $rHCO_3+CO_3 = 37,1$ мг*экв/л). Можно предположить, что на рубеже 5,8 – 6,0 г/л на озере Подборное меняется гидрохимический класс, с хлоридного на гидрокарбонатный (табл. 4) [13]. Также отмечена корреляция между изменением минерализации и ее класса на озере Подборное, и концентрацией кальция в воде – с увеличением минерализации концентрация кальция снижается (таблица 5).

Таблица 5 – Минерализация и концентрация кальция в водах оз.

Подборное

Озера	Сентябрь 1999*	Январь 2003*	Март 2007*	Октябрь 2007*	Июнь 2018
Минерализация, мг/л	8992,1	7253,3	5568,7	5629	9597
Концентрация кальция, мг/л	4,2	12,0	21,6	15,2	2,0

* -- 1999-2003 – по[7]; 2007 – по [8]

Микроэлементы для Хомутининских озер изучались в период марта и октября 2007 г. и для июня 2018-19 гг. В целом, внешнее загрязнение тяжелыми металлами нехарактерно [3, 4]. Отмечено общее снижение концентраций тяжелых металлов в воде озера Круглое (за исключением цинка); некоторое увеличение концентрации железа в оз. Горькое, и общее снижение во всех трех озерах к 2018-2019 гг. содержания марганца (таблица 6). Представляется вероятным, что данные микроэлементы не исчезли из воды озера, а перешли в биологическую форму. Вызывает интерес обнаружения кадмия в оз. Круглое в 2007 г. – за весь период наблюдений для всех остальных озер Хомутининской группы кадмий никогда не отмечался.

Таблица 6 – Концентрации тяжелых металлов в воде озер

Озеро	Год	Fe общ	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
Подборное	2007**	0,15 -- 0,19	0,091 – 0,156*	0,013 – 0,019	0,0009 – 0,0013	н/об	0,0008 – 0,0026	н/об
	2018	0,14	0,035	0,014	0,0011	0,0027	0,0076	н/об
Горькое	2007**	0,07	0,053 -- 0,061	0,0126 – 0,0132	0,0011	н/об	0,0008 – 0,0074	н/об
	2018	0,15	0,026	0,02	0,0012	0,0031	0,0019	н/об
Круглое	2007**	0,08 – 0,21	0,105 – 0,107	0,0236 – 0,0237	0,0013 – 0,0031	0 – 0,0011	0,009 – 0,0011	0 – 0,0012
	2019	0,022	0,057	0,0396	0,0001	н/об	0,007	н/об

*-- выделенные шрифтом – подледный период

* -- 2007 – по [8]

Максимальные значения концентраций меди, никеля отмечены в 2018 г., свинец впервые также отмечен в пробах 2018 г. Для Хомутининских озер загрязнение тяжелыми металлами нехарактерно, но по данным микроэлементам рекомендуется мониторинг; не исключено антропогенное загрязнение.

Выводы по главе 2

1. Впервые обнаружена многолетняя циклическая флуктуация общей минерализации и гидрохимического класса вод для оз. Подборное. Выявлено, что смена с хлоридного на гидрокарбонатный класс происходит при повышении минерализации (что весьма необычно!); определен приблизительный порог смены гидрохимических классов – около 5,8 – 6,0 г/л.

2. Обнаружена корреляция изменения общей минерализации и кальций-иона; с увеличением минерализации концентрация кальция уменьшается.

3. Обнаружено увеличение концентраций соединений азота минерального в 2018 году по отношению к предыдущим годам наблюдений; при этом отмечено снижение концентраций фосфора общего.

4. Отмечено превышение ПДК для Fe, Mn (скорее всего, природная особенность). Отмечены более высокие концентрации тяжелых металлов в озере Подборное по сравнению с оз. Горьким; отмечено увеличение концентраций меди, никеля в 2018 г. по сравнению с 2007 г. Впервые в водах озер обнаружен свинец. Достоверного загрязнения по группе тяжелых металлов не выявлено, но требуется мониторинг за Cu, Ni, Pb в водах озер, особенно для озера Подборное.

5. В воде озер обнаружено значительное количество органического вещества. В 2018 г. отмечено снижение концентрации легкоокисляемого органического вещества в озерах на фоне роста концентраций трудноокисляемой органики – ХПК до 300 – 450 мгО/л.

6. К 2018 г. выявлены значительный рост концентраций металлов, органического вещества, снижение прозрачности воды – с высокой долей вероятности это следствие антропогенного воздействия на акваторию и прибрежные ландшафты озер.

Для исследуемых озер Хомутининской группы лесостепной зон Челябинской области характерно значительное варьирование морфометрических показателей, гидрологического режима, минерализации и состава солей; озера имеют окислительную обстановку в водах и сероводородную – в донных отложениях.

Различия озерных вод по содержанию и составу легкорастворимых солей определяются природно-климатическими и геохимическими условиями. Озера Хомутининской групп имеют солоноватые гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды.

ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР

3.1 Трофический статус водоемов

На значительной части Хомутининских озер размещены и успешно функционируют многочисленные пансионаты, санатории, профилактории, детские лагеря (оз.Подборное) – Санаторий «Урал», ДОЛ «Восход», пансионат «Лесное озеро», профилакторий «Злак». Загрязняющие вещества различной природы поступают в водоемы, изменяя их экологическое состояние. В частности, из-за поступления слабоочищенных вод, содержащих легкоусвояемое органическое вещество, повышают трофический статус водоемов, ухудшаются их кислородный режим и условия обитания гидробионтов.

Биомасса, численность и видовой состав фитопланктона были нами рассмотрены на примере озер Хомутининских группы. Общая биомасса фитопланктона озера Подборное - 34,9 мг/л, Круглое - 1,13 мг/л, Горькое - 151 мг/л. Преобладающими видами фитопланктона для Хомутининских озер характерно доминирование солевыхосливых видов фитопланктона: *Tetrastrum glabrum* (озеро Подборное) и *Euglena hemichromata* (озеро Горькое) [8].

Общепринятым методом измерения прозрачности воды озер и иных водоемов со стоячей водой является белый диск (диск Секки) в различных модификациях. Прозрачность воды – интегративный показатель, свидетельствующий о потребительском качестве воды и ведущих гидрологических процессах в водоеме; разработано несколько шкал сопряженных оценок прозрачности и трофического статуса водоема, прозрачности и концентрации хлорофилла «а», прозрачности и качества воды [13, 22, 30]. Наиболее простым и популярным является трофический индекс Карлсона (TSI) [30, 37].

Таблица 7 – Прозрачность по белому диску в воде озер в период 2016 – 2018 гг.* [13, 14]

Озеро	Диапазон прозрачности, м	$M \pm \sigma$	n
Горькое	0,3 – 0,7	$0,56 \pm 0,097$	5
Подборное	0,25 – 0,75	$0,58 \pm 0,153$	5
Круглое	0,6 – 0,85	$0,74 \pm 0,037$	5
Чокарево	0,5 – 0,9	$0,7 \pm 0,141$	5
Оленичево	0,6 – 0,9	$0,75 \pm 0,1$	5

* -- Измерения производились в один и тот же день в течение всех сезонов года; M – среднее; σ – среднеквадратичное отклонение; n – количество замеров.

Расчет трофического индекса TSI [30, 37] показал, что изучаемые озера относятся к эвтрофным (средние TSI составляют 68-69 у озер Горькое и Подборное и 65 у оз. Круглое). Наименьшая прозрачность отмечалась в августе 2016 г. на озере Подборное (0,25 м) (таблица 7): экосистема озера достигла в это время гипертрофного состояния, TSI = 84.

При оценке экологического состояния озерных вод выделяют компоненты: антропогенная эвтрофикация и качество вод. Антропогенная эвтрофикация озер оценивается комплексно с использованием разнообразных показателей.

Прозрачность воды озер Хомутинской группы в период 2000-2004 гг. составила от 2,0-2,8 м [7]. Индекс трофического статуса озер Подборное, Горькое и Круглое – TSI равен, соответственно, 50,0, 45,1, 46,8 и соответствовал качеству вод мезотрофного типа.

В исследуемых озерах интенсивно протекают процессы антропогенного эвтрофирования, об этом свидетельствует значительный разброс оценок по содержанию биогенных элементов, численности, биомассы фито- и зоопланктона в пределах олиготрофность-гипертрофность в озере Горьком, олиготрофность-политрофность в озерах Круглое (Хомутинское), Подборное. Особенно опасно увеличение концентраций биогенных веществ и биомассы фитопланктона. Именно эти показатели начинают увеличиваться первыми при росте биопродуктивности. Таким образом, по показателям антропогенного

эвтрофирования озера Подборное, Круглое - эвтрофные с признаками политрофности, озеро Горькое - эвполитрофные с признаками политрофности.

Основным видом антропогенного воздействия на Хомутининские озера является рекреационная деятельность (организованная и неорганизованная) и с/х освоение водосборов. В последние годы в связи с экономическим кризисом сократилось внесение удобрений, уменьшилось поголовье крупного и мелкого рогатого скота и поголовье гусей (возможно, этим объясняется снижение концентраций фосфора). Но рекреационная нагрузка не ослабла: в результате бесконтрольного использования целебных вод и грязей происходит истощение природных ресурсов озер и загрязнение вод (в первую очередь – органическим веществом). В последнее время отмечено изменение береговой зоны (образование пляжей, осыпание и оползание береговых склонов). Отмечается захламление водосборной территории и прибрежной зоны, что приводит к ухудшению санитарно-гигиенических свойств озерных вод.

В водах озера Горькое наблюдаются достаточно высокие концентрации нитритов (таблица 8). Эпизодически как в оз. Горьком, так и в оз. Подборном значительны концентрации азота аммонийного.

Таблица 8 – Содержание биогенных веществ в водах озер Горькое/ Подборное/ Круглое *

	Сентябрь 1999**	Январь 2003**	Март 2007**	Октябрь 2007**	Август 2012	Июнь 2018-2019
N-NH ₄ , мг/дм ³	1,05/ 0,51/ 0,2	0,36/ 0,88/ 0,34	1,28/ 2,31/ 1,43	0,18/ 0,22/ 0,39	0,6/0,83	2,33/ 1,28/ 0,26
N-NO ₂ , мг/дм ³	0,07/ 0,027/ 0,028	0,021/ 0,006/ 0,02	0,023/ 0,008/ 0,125	0,056/ 0,083/ 0,027	0,006/0,014	0,014/ 0,007/ 0,004
N-NO ₃ , мг/дм ³	0,52/ 0,02/ 0,27	0,27/ 0,08/ 1,83	0,17/ 0,01/ 3,43	0,41/ 0,388/ 0,33	0,231/0,2	0,054/ 0,009/ 0,244
P общ, мг/дм ³	0,25/ 0,24/ 0,246	0,102/ 0,196/ 0,54	0,312/ 0,102/ 0,382	0,24/ 0,19/ 0,122	0,15/0,2	0,015/ 0,016/ 0,028

* -- содержание соединений азота дано в перерасчете на азот

** -- 1999-2003 – по[7]; 2007 – по [8]

Максимальные концентрации биогенных веществ в озерах, как правило, отмечаются в зимний период. Но в последние годы (2018) в озерах Горькое и Подборное концентрации соединений азота минерального в летнее время практически не отличаются от зимних; в оз. Горькое в 2018 г. отмечен максимум содержания N мин. за весь период наблюдений. В оз. Круглое отмечен максимум N мин среди всех озер в конце подледного периода 2007 г (до 5,0 мг/л), что, вероятно, связано с образованием в это время анаэробной зоны. Стабильно высокими за весь период наблюдений остаются концентрации нитратов. В 2018 – 2019 гг. во всех озерах отмечено снижение концентрации фосфора общего до уровня водоемов мезотрофно-эвтрофного типа (самое низкое за весь период наблюдений (таблица 8).

3.2 Современная рекреационная нагрузка

Основным видом антропогенного воздействия является рекреационное использование района Хомутининских озер. Прежде всего, происходит процесс взаимодействия человека с природой, в результате которого осуществляется восстановление сил и здоровья людей, а также происходит прямое и опосредованное потребление и использование природных ресурсов, а именно лечебных грязей и воды.

В результате рекреационного использования происходит истощение природных ресурсов данных озер.

Особенно подвержена рекреационному влиянию зона береговой полосы, в первую очередь это проявляется в изменении рельефа – образование антропогенных пляжей, осыпание и оползание береговых склонов. Наиболее ярко этот процесс выражен на озере Горькое и озере Подборное, где наблюдается интенсивное использование водоемов и близлежащих территорий в рекреационных целях.



Рисунок 5 – «Дикий пляж» на озере Подборном

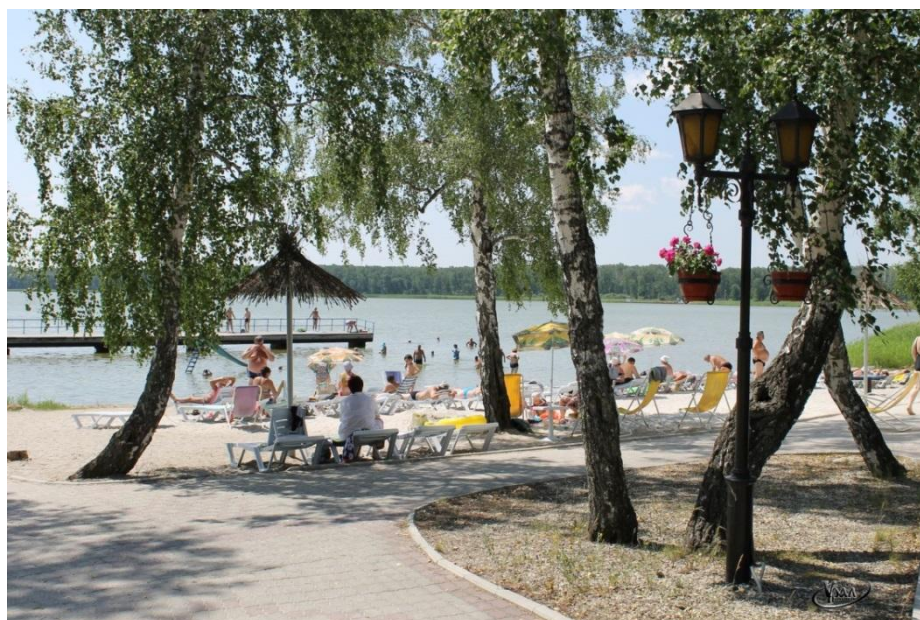


Рисунок 6 – Пляж санатория «Урал» на оз. Подборном

Также здесь изменяется растительность, идет выбивание травянистого покрова, разрушение полосы водной прибрежной растительности и физико-химические и биологические характеристики воды.

В результате концентрации значительного числа людей на берегах в водные комплексы вносятся различные загрязняющие и биогенные вещества, которые рассеиваются в неширокой прибрежной полосе. Поступление загрязнений от реакций носит ярко выраженный сезонный

характер. Большой ущерб озерным экосистемам наносится летом, когда на пляже и прилегающие акватории и территории идет наибольшая рекреационная нагрузка, они начинают проявлять признаки деградации.

Немаловажное значение имеет влияние неорганизованного туризма на автомобилях, которые являются источниками дополнительного поступления в водоемы нефтепродуктов в процессе мытья машин, легкого ремонта и т.д. загрязнения составляют и бытовые, и пищевые отходы, продукты жизнедеятельности человека.

Таким образом, неблагоприятных последствием рекреационного использования озер явилось загрязнение воды, приведшее к ухудшению ее санитарно-гигиенических свойств.

В целом же, рекреация является одним из источников антропогенного эвтрофирования вод, особенно при усилении перегрузок отдыхающими побережья и акватории.

В настоящее время отмечается значительное увеличение рекреационной нагрузки на побережье и акваторию озера Подборное. На озере функционируют 5 организованных и 2 «диких» пляжа. На отдельных пляжах (в зоне санатория «Урал», профилактория «Злак», пансионата «Лесное Озеро» и ДОЛ «Восход») выявлено превышение нормативов протяженности и емкости пляжа. Суммарная длина пляжей достигает 603 м, что составляет 15% всей береговой линии озера. С неорганизованных пляжей (особенно с северо-западного побережья) поступает значительное количество биогенных веществ.

Основные загрязняющие элементы – биогены. Биогенные вещества в озерах представлены соединениями азота и фосфора. Повышенная концентрация $N_{\text{мин}}$ и $P_{\text{общ}}$ в исследуемых озерах объясняется рекреационным воздействием, а также прямым или опосредованным воздействием сброса бытовых, сельскохозяйственных сточных вод с близлежащих полей и с огородов жителей села.

Таблица 9 – Рекреационный потенциал Хомутинской озерной местности (по методике Е.В. Колотовой 1998, с изменениями [19])

Параметр	Благоприятно	Относительно благоприятно	Неблагоприятно
Рельеф (малорасчлененный равнинный)	+		
Протяженность и уклон терренкуров (2,5 – 4 км; уклон менее 3°)	+		
Продолжительность летнего периода ($t > 15^{\circ}\text{C}$) – 90 дней		+	
Продолжительность купального сезона (60 сут)		+	
Берега (сухие, без крутых спусков)	+		
Подходы к воде (открытые)	+		
Пляжи грунт (песок)	+		
Пляжи инфраструктура		+	
Температура воды в купальный сезон (18-24)	+		
Санитарно-гигиенические условия (устраняемые источники загрязнения, вода самоочищается)		+	
ИТОГО:	60%	40%	0%

Общий вывод: приозерная местность обладает высоким рекреационным потенциалом, 60% показателей относятся к категории благоприятно; 40% – относительно благоприятно; неблагоприятные условия отсутствуют. При благоустройстве пляжной зоны и устранении загрязнения озер биогенными и органическими веществами рекреационный потенциал может быть повышен до 80% благоприятных оценок.

В условиях рекреационного использования территории требуется создать необходимый комфорт отдыхающим и возможности осуществления ими различных рекреационных занятий с учетом удовлетворения хозяйственно бытовых нужд рекреационных объектов и учреждений в целом, необходимо обеспечить условия длительного функционирования рекреационной зоны с учетом требований охраны окружающей среды, в связи с этим предлагаются следующие мероприятия по рациональному использованию озерных ресурсов и охране.

- 1) Создание организованного культурного отдыха, что позволит поддерживать контроль, следить за чистотой.
- 2) Оборудование пляжей для отдыха: в местах неорганизованного отдыха необходимо благоустроить территории: оборудование купалок, закрепление костровищ.
- 3) Защита берегов, подверженных рекреационному воздействию – их обновление.
- 4) Использование биофильтров – из нитчатых водорослей и высших растений, которые устраиваются на путях стекания загрязненных дождевых вод, что препятствует поступлению в водоем биогенных веществ на побережьях озер Горькое и Круглое.
- 5) Постоянный мониторинг наблюдений за состоянием водных объектов и его изменениями, причём не только антропогенными или связанными с загрязнением вод, но и естественными, которые также могут сильно влиять на социально-экономические и экологические условия водного объекта и смежных территорий.
- 6) Для предотвращения негативного воздействия рекреации на окружающую среду проектирование и эксплуатация рекреационных зон должны осуществляться с учетом допустимых рекреационных нагрузок на геоконкомплекс.

- 7) В целях сохранения и восстановления окружающей среды необходим контроль, прогноз, управление рекреационным воздействием на природу.

Вывод по главе 3

Оценка степени эвтрофикации водоемов на основе состояния гидробионтов показала, что Хомутининская группа озер относится к эвтрофно-политрофному типу с умеренно загрязненными водами.

Для озер Горькое и Подборное характерна невысокая прозрачность воды, в диапазоне 0,25 – 0,75 м; трофический статус озер эвтрофно-политрофный, TSI = 68 – 69. Для озера Круглое характерна невысокая прозрачность воды, в диапазоне 0,6 – 0,85 м; трофический статус – эвтрофный водоем, TSI = 65.

Изучаемые озера в настоящее время значительно изменены человеком. Основная проблема – загрязнение вод, что косвенно влияет на состояние как живых организмов, обитающих в данных озерах, так и на здоровье отдыхающих людей.

Основные рекомендации по восстановлению изучаемых озер:

- 1) Создание организованного культурного отдыха (сочетание отдыха на пляже с познавательными экскурсиями или мероприятиями);
- 2) Оборудование пляжей для отдыха (наличие пляжных павильонов, навесов аэрариев, лежаков, кабин для переодевания, туалетов и моек, урн для мусора);
- 3) Провести очистные мероприятия на водосборе озер Горькое и Круглое и вынести часть огородов с. Хомутино, ферм и пастбищ из прибрежной зоны, тем самым прекратить смыв биогенных веществ в водоемы.

Если не браться в ближайшее время за восстановление озер и дальнейшее их поддержание в качественном состоянии, то возможна потеря их рекреационного, эстетического и хозяйственного значения.

ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ГЕОГРАФИИ

4.1 Организация полевых исследований с учащимися на озерах Хомутинской группы

В последнее время при внедрении метода школьных учебно-исследовательских экскурсий на природу, как способа познания на уроках географии, появляются новые возможности в изучении таких природных комплексов (геосистем) как озеро: широкое использование метода дистанционного наблюдения и сведения электронных баз данных по озерам. Из дистанционных методов наиболее доступным являются возможности программы Google-Earth, с помощью которой можно получить важные морфометрические характеристики озера: длину береговой линии, протяженность озера, площадь озера, уровень воды. Также существуют дополнительные базы данных, а именно программа Landsat и SAS planet. Landsat обладает мультиспектральными сканерами MSS спутников, предназначены для получения мультиспектральных снимков всей поверхности Земли. SAS planet — навигационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности большого количества картографических online-сервисов (Google maps, Яндекс карты и другие).

Есть специализированные электронные базы данных по озерам (пример: электронный справочник «Озера Земли» и «Озера России» Института Озероведения РАН [39, 40]). Существуют и другие базы данных, включая данные спутников в открытом доступе (например, сайт Европейского космического агентства [38], на которых в отдельных случаях можно посмотреть карты температуры воды с точностью до 0,5°C,

мутность вод и состояние водосбора – влажность почв, обезлесение или даже лесные пожары).

Все дистанционные методы и справочные системы сети Интернет можно использовать для проектной деятельности по изучению морфометрических характеристик (периметр береговой линии, площадь зеркала), экологическому состоянию и антропогенному освоению озер. Но все же без полевого изучения озер невозможно составить представления о существовании и функционировании озерной геосистемы.

Нами [16] предлагается комплексный подход к изучению озера (озер) на внеурочных занятиях по географии (работа лимнологического кружка). Работа по исследованию озера разбивается на несколько этапов.

Этап первый: выбор озера (озер) для изучения в соответствии с существующей проблемой (известное или неизвестное озеро, когда кем и как именно изучалось, интересные природные и исторические особенности, антропогенное преобразование водоема и др.).

Этап второй: дистанционное изучение водоема и сбор информации о нем.

Этап третий: полевое исследование по специальной, заранее разработанной программе именно для этого озера (в соответствии с существующей проблемой и изученностью водоема).

Этап четвертый: обработка всех полученных данных, составление паспорта на конкретный водоем, выступления с итогами исследования (как на кружке, так и на конференциях и конкурсах учебно-исследовательских работ).

Для этапа полевого исследования мы предлагаем групповой (парный) подход в изучении озер со школьниками (на примере озера Горькое, Круглое и Подборное в табл.10) и выделяем ведущие параметры оценки озерной экосистемы (табл.11); также нами предложен к использованию новый метод оценки озерной экосистемы по параметру прозрачности с использованием нового прибора (диска Захарова [23]).

Преимущества изучения пары или группы озер (2-3 водоема)

Заранее выбирается пара озер заведомо отличающихся по отдельным параметрам своих геосистем или же по характеру и степени антропогенного воздействия. Малое озеро проще исследовать с группой школьников; к тому же малое озеро, как правило, является и малоизученным. Осознание себя в качестве первопроходцев вдохновляет юных исследователей. Также и для безопасности обучающихся рекомендуется проводить полевые исследовательские работы на акватории малого озера (площадью 1-3 км²), где не столь высока ветровая волна.

Таблица 10 – Примеры пар озер для исследования со школьниками

Озерная пара	Характеристики котловины и водной массы	Дополнительные характеристики
Горькое – Подборное, Подборное – Круглое, Круглое – Горькое	Площадь озер – около 1 км ² ; минерализация – от 1,5 г/л до 12 г/л	Хомутигинская группа озер. Близлежащие озера имеют значительные различия в химическом составе вод

На малых озерах в полевых условиях рекомендуется изучать параметры озерной геосистемы на акватории (таблица 11); также используются дистанционные методы получения информации.

Помимо зоны акватории и пляжа мы рекомендуем изучать прилегающий к озеру ландшафт и особенности воздействия окружающего ландшафта на озерную геосистему. Это позволит выявить роль водосбора в формировании качества воды в озерах, а иногда и установить обратную связь – зону воздействия озера на прилегающий ландшафт. Учащиеся на практике убеждаются, что озеро и водосбор – единая ландшафтная система.

Перечень характеристик исследования

Прежде всего – это морфометрические характеристики: промер глубин и составление батиметрической карты; расчет морфометрических показателей (площадь зеркала, объем водной массы, максимальная и

средняя глубина) и морфометрических коэффициентов, позволяющих выявить вероятное происхождение котловины и степень внутреннего водообмена (коэффициент развития береговой линии, коэффициент емкости, коэффициент открытости). Также возможен расчет приблизительной глубины (нижней границы) эпилимниона по морфометрическим данным с помощью формулы Паталаса, 1961 [30]. Наблюдения за состоянием водных масс – визуальные и с помощью приборов (таблица 11), по акватории и по глубинной вертикали. В случае известного антропогенного загрязнения может быть отобрана проба воды на изучение данного конкретного поллютанта.

По результатам топографической съемки (периметр и площадь озера могут быть получены не только методом обхода и расчет полученного контура с помощью палетки, но и дистанционными методами) производится составление комплексных профилей озерной котловины (рельеф, водная растительность, донные отложения); составление картосхемы зарастаемости водоема и картосхемы донных отложений.

Таблица 11 – Базовые характеристики для оценки развития озерной геосистемы при полевом исследовании [16]

Показатель состояния озерной геосистемы	Измерение /прибор	Характеристика полученных данных
Водородный показатель (рН)	рН-метр	Выявление процессов закисления; выявление наличия щелочных металлов; выявление интенсивности фотосинтеза.
Температура	Глубоководный термометр (иные термометры)	Выявление суточной и сезонной динамики хода температур на поверхности и по глубинной вертикали; определение термического типа водоема, расчет теплозапаса, выявление наличия термоклина и его температурного градиента, выявление зон эпилимниона и гиполимниона.
Прозрачность	1) Шрифт Снеллена 2) Белый диск (диск Секки)	Выявление пригодности воды для питья и культурно-бытовых нужд; расчет глубины фотосинтеза (фотического слоя); расчет трофического индекса TSI и определение трофического статуса озера.

Продолжение Таблицы 11

Электропроводность	Кондуктометр	Общая минерализация воды, наличие хемоклина, наличие разнородных водных масс в водоеме.
Растворенный кислород	1) Оксиметр 2) Лабораторный анализ по Винклеру	Распределение кислорода по глубинной вертикали; перенасыщение или дефицит кислорода как характеристика экосистемы; выявление возможных процессов вторичного загрязнения из донных отложений при образовании у дна бескислородной зоны; биохимическое потребление кислорода (БПК ₅) как характеристика продуктивности водоема.
Степень развития планктонных водорослей	Визуально. По таблице Оксийук Стольберг, 1986 [22]	Определение интенсивности «цветения» синезеленых водорослей (цианобактерий) и их приблизительной биомассы.
Степень и характер зарастания высшей водной растительностью	Дистанционные методы, полевые методы (учетная рама). По классификации Starmach, 1954 [25]	Тип зарастания, % площади зарастания по 5 балльной системе; типичные растительные ассоциации макрофитов, плотность зарастания водно-воздушными макрофитами.
Структура донных отложений	Воронковый лот, дночерпатель	Картографирование зон твердых и вязких грунтов, выявление границ песчаного и илистого грунта, определение цвета и консистенции донного грунта; описание минеральных и биологических включений; определение зоны ветрового воздействия на дно.

Применения нового метода изучения прозрачности воды.

Прозрачность воды – один из информативных показателей состояния экосистемы водоема. С определением прозрачности воды по белому диску (диску Секки) связаны многие эмпирические формулы расчета качества вод – определение концентраций хлорофилла «а», трофического индекса водоема и других характеристик [30]. Разработанный научным руководителем прибор для определения прозрачности воды [23], именуемый в дальнейшем «диск Захарова» (ДЗ).

Данный прибор выполнен в виде диска диаметром 200 мм, с тремя цветовыми секторами – белым ($\frac{1}{2}$ часть диска), светло-зеленым ($\frac{1}{4}$ часть диска) и красновато-коричневым ($\frac{1}{4}$ часть диска). Принцип измерения

прозрачности остается аналогичным с измерением прозрачности по диску Секки, но появляются дополнительные значения – замеряется исчезновение светло-зеленого по отношению к белому сектору (для негумифицированных озерных вод) или исчезновение красновато-коричневого по отношению к белому сектору (для гумифицированных озерных вод).



Рисунок 7 – Общий вид диска Захарова (измерение на глубине 2 м в озере Тургояк)

В результате изучения озер Хомутинской группы в 2016-2018 гг. выявлено, что видимость зеленого сектора по отношению к белому варьируется в широких пределах (50 – 86%) и напрямую не зависит от минерализации вод и их прозрачности по диску Секки.

Вероятно, эти значения близки к крайним значениям оптической видимости зеленоватого и белого секторов в водах имеющих различную прозрачность. Важное диагностическое значение в экологическом состоянии водоема имеют внутрисезонные и межсезонные отличия, измеряемые ДЗ в одном и том же водоеме (или озерах, близких по гидрологическому режиму и морфометрии котловины).

Выявлены качественные различия в состоянии прозрачности и цвета вод, отмечаемые по ДЗ, но практически не фиксирующиеся по диску Секки: для летнего периода в озерах Хомутиниской группы (Горькое, Оленичево, Подборное, Круглое, Чокарево).

4.2 Конспект урока по краеведению по теме «Озера Челябинской области»

(6 класс)

Цели урока:

- Сформировать представление о многообразии озер Челябинской области;
- Развивать логическое мышление на основе взаимосвязи внешнего вида озер от происхождения котловин;
- Воспитывать любовь и бережное отношение к озерам;
- Продолжить работу с картой.

Планируемые результаты обучения:

Личностные УУД:

- Развивать мотивы и интерес своей познавательной деятельности;

Регулятивные УУД:

- Уметь соотносить свои действия с планируемыми результатами;
- Осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата;
- Определять способы действий в рамках предложенных условий и требований;
- Корректировать свои действия в соответствии с имеющейся ситуацией;

Познавательные УУД:

- Уметь обобщать, классифицировать, самостоятельно выбирать основания и критерии для классификации, устанавливать причинно-следственные связи, делать выводы;

Коммуникативные УУД:

- Умение организовать учебное сотрудничество и совместную деятельность с учителем и сверстниками;
- Умение работать в группе;

Оборудование: физическая карта Челябинской области, атласы Челябинской области, контурные карты Челябинской области, карта Увельского района, Учебник «Краеведение» 6 класс издание АБРИС, 2012; карточки, цветные карандаши; мультимедийная презентация.

Ход урока

- 1) Оргмомент.
- 2) Актуализация знаний учащихся.

Повторение домашнего задания мы проведем в виде небольшого экскурса по карте Челябинской области (карта №6).

Вопрос: Найти на карте населенные пункты Челябинской области, получившие свои имена от рек.

Ответ: Миасс, Юрюзань, Аша, Сатка, Увелька, Коелга.

Учитель: Таким заданием мы вспомнили материал прошлого урока по теме «Реки Челябинской области»

- 3) Изучение новой темы.

Наша учебная дорога длинна и мы без замедления отправимся в путь. Я загадаю вам загадку, ответ которой будет темой нашего урока:

«Должен ответить, дружок, без труда, что меньше моря, но больше пруда»

(Озеро).

Правильно, тема нашего урока озера Челябинской области (слайд 1).

Каждое слово в нашем языке что-то означает. Какое определение мы дадим слову «озеро»? (Ответ: «Озеро – это замкнутое природное углубление, заполненное водой»)

Учитель: Озер в Челябинской области много, мы начнем путешествие по озерам, раскрыв карту Челябинской области №12. На территории Челябинской области 3170 озер общей площадью 2225 кв. км (слайд 2). Самые крупные озера расположены в северной части области это: Увильды, Тургояк, Зюраткуль. Они глубокие, имеют крутые каменные берега, по разнообразию лечебных грязей область занимает одно из 1 мест в нашей стране. На многих озерах созданы здравницы и базы отдыха. Большое значение имеют не только грязи, но щелочные воды озер. (слайд 3. Озеро Зюраткуль).

Ученик:

По тропинкам, по лесам,
Поднимайтесь к небесам
И на озере Зюраткуль
Подивитесь чудесам.

(Л. Татьяничева)

Учитель: Озеро Зюраткуль является одним из памятников природы Урала, ни только российского, но и мирового уровня. Это самое пресное озеро нашего края, самое высокогорное, находится на высоте 724 м. над уровнем моря, глубина от 4-5 м. Зеркальную водную гладь отражают горную хребты, покрытые темно - хвойными лесами. В 1993 г здесь был создан Зюраткульский национальный парк.

Ребята, откройте контурные карты, найдите и отметьте это озеро стр. 9. (слайд 4. Озеро Тургояк)

Ученик:

И смотрят в озеро леса, никак не могут насмотреться.
Блестит песчаная коса и скалы вылезли погреться,
А вот гранитная плита, нырнула в воду осторожно,

Вокруг такая красота, что на душе моей тревожно.

(А. Кочетков)

Учитель: Тургойак - второе по величине озеро нашей области. Это одно из глубоких озер края. Его глубина составляет 32м. А вода в нем, как Байкальская по чистоте, над 2 десятка метра проглядывается дно. Озеро Тургойак внесено в списки самых ценных озер мира, самых красивых ландшафтов страны, а в Челябинской области - памятник природы.

(слайд 5. Озеро Увильды).

Ученик:

Самое крупное озеро - Увильды,
Крупнее не найдешь ты на Урале,
Оно изумительно по красоте,
Все это воедино здесь связали.

Учитель: Это озеро самое большое и глубокое. Площадь его составляет 68,1 км², а глубина 38 м. Озеро изумительно по красоте. На нем находится множество островов. Самый крупный остров - Березовый. Озеро Увильды-памятник природы. Отметим эти 2 озера на контурной карте №9.

Учитель: Наш Увельский район имеет тоже озерные уникальные островки, с солоноватой водой. Уральскими Эссентуками называют наши озера. Вода имеет повышенную щелочность, поэтому она способствует очищению и залечиванию ран. На озерах построен санаторий «Урал» - один из крупнейших в России. Обратимся к карте нашего Увельского района. Какие вы можете отметить озера? (слайд 6-8)

(Ответ: Дуванкуль, Горькое, Круглое, Чокарево, Подборное, Пахомово, Оленичево, Мышайкуль).

Открыли учебник стр. 103. Посмотрите рис. «Хомутиновское пятиозерье. Увельский район». Как близко расположены 5 соленых озерных блюдечек, следы древнего моря. Озера мелководные, имеют пологие песчаные берега.

Учитель: Место - это полно загадок. В далеком, далеком прошлом было здесь дно океана. Океан ушел, а мощная его энергетика осталась. Небольшие впадины дна превратились в озера.

А теперь скажите: каково же назначение наших озер Тургояк, Зюраткуль, Увильды и нашего пятиозерья?

(Ответ: Отдых, лечение, туризм, ловля рыбы).

4) Практическая работа.

Учитель: А сейчас мы класс поделим на 5 групп. Каждой группе будет выдан кусочек бумаги синего цвета («кусочек» озера) и карточки с заданием. На доске написаны начальные буквы слов, которые вы составите из карточек. Составив слово, ученик от группы пишет слово на доске и прикрепляет «кусочек» озера на магнит.

(Выполнение задания: 1 группа – озеро, 2 группа – природный, 3 группа – островок, 4 группа – здоровья, 5 группа – отдыха).

Учитель: Что же у нас получилось?

Ученик: Озеро – природный островок здоровья, отдыха.

Учитель: А что же получилось из синих «кусочков» на доске?

Ученик: Озеро.

Учитель: Человек и природа - единое целое. Что нужно сделать, чтобы сохранить нам, людям, этот бесценный дар природы?

Ученик: Охранять.

Учитель: Если мы не будем загрязнять наши водоемы – они не будут болеть, будут чистыми, тогда человек будет здоров и счастлив. Давайте поставим заслон тем, кто загрязняет наши озера?

Задание группам:

Каждая группа рисует свой плакат в защиту нашего озера. Ученики рисуют плакаты и распределяют их вокруг озера на доске.

Учитель: Вот так вы можете внести свой маленький вклад в охрану наших озер. Чистая вода – это здоровье. Так не будьте равнодушны к природе и к своему здоровью.

5) Закрепление.

«Мозговая атака»

- Самое большое озеро Челябинской области?
- Какие берега у северных озер?
- Вы отдыхали на берегу озера?
- Что вы сделаете после себя с мусором, покидая берег:
 - а) выбросите в озеро,
 - б) оставите на берегу,
 - в) закопаете вдали от берега.

б) Рефлексия

Учитель: И так, где же проходило путешествие нашего урока?

Ученик: Озера Челябинской области.

Учитель: Что же нового вы узнали о наших озерах?

Ученик: Наши озера уникальные по своей красоте, по своим целебным свойствам. В нашем Увельском районе тоже есть такие уникальные озера (слайд 9).

7) Домашнее задание

Параграф 19 учебника. Выставление оценок за урок.

4.3 Конспект исследовательского похода на озера

Хомутининской группы

(8 класс)

Тип: Урок – экскурсия.

Цели:

Образовательная: сформулировать у учащихся понятия по водной экологии с целью изучения закономерностей биологических процессов, происходящих в водной экосистеме.

Воспитательная: воспитать бережное отношение к озерам Круглое, Горькое и Подборное, так и воде на Земле в целом.

Развивающая: развить умения выявлять факторы, влияющие на загрязнение озера, факторы, способствующие гибели растений и животных.

Оборудование: тетрадь, ручка, карандаш, цилиндр и шрифт Снеллена, диск Захарова, рН метр, термометр, кондуктометр.

Ход урока

Обучающиеся 8 классов выходят (выезжают) на объекты (озера Круглое, Горькое и Подборное).

Учитель: Мы с вами познакомились с природой Урала. Сегодня я предлагаю вам почувствовать себя учеными и провести полевые исследовательские работы на акватории озер нашего края.

При помощи программы «Google Earth» вы дома измерили береговую линию озёр Круглое, Горькое и Подборное и посчитали площадь озёр. Она составляет 0,57 км² для озера Горькое, 0,36 км² для озера Круглое и 1,25 км² для озера Подборное.

1) Прозрачность воды – один из информативных показателей состояния экосистемы водоема. Давайте её определим с помощью цилиндра и шрифта Снеллена и диска Захарова.

Измерение прозрачности вод с помощью цилиндра и шрифта Снеллена:

Исследуемую воду после взбалтывания наливают в цилиндр. Затем смотрят сверху вниз через столб воды на шрифт, постепенно выпуская воду из крана калориметра, пока не станет возможным ясно видеть шрифт №1. Высота жидкости в цилиндре, выраженная в сантиметрах, является мерилем прозрачности. Вода считается прозрачной, если отчетливо виден шрифт через столб воды в 30 см. Вода с прозрачностью от 20 до 30 см

считается слабо мутной, от 10 до 20 см – мутной, до 10 см для питьевых целей непригодна.

Измерение прозрачности вод с помощью диска Захарова:

Данный прибор выполнен в виде диска диаметром 200 мм, с тремя цветовыми секторами – белым ($\frac{1}{2}$ часть диска), светло-зеленым ($\frac{1}{4}$ часть диска) и красновато-коричневым ($\frac{1}{4}$ часть диска) (рис 1). Принцип измерения прозрачности остается аналогичным с измерением прозрачности по диску Секки, но появляются дополнительные значения – замеряется исчезновение светло-зеленого по отношению к белому сектору (для негумифицированных озерных вод) или исчезновение красновато-коричневого по отношению к белому сектору (для гумифицированных озерных вод).

Определение прозрачности нужно для выявления пригодности воды для питья и культурно-бытовых нужд; расчет глубины фотосинтеза (фотического слоя); расчет трофического индекса TSI и определение трофического статуса озера.

2) Затем мы измеряем водородный показатель (рН) при помощи рН метра. Этот показатель нужен для выявления процессов закисления; выявление наличия щелочных металлов; выявление интенсивности фотосинтеза.

3) Так же нужно измерить температуру озёр. Данный показатель нужен для определения термического типа водоема, расчет теплозапаса, выявление наличия термоклина и его температурного градиента, выявление зон эпилимниона и гиполимниона.

4) Ещё мы с вами можем измерить электропроводность при помощи кондуктометра. Это нужно для определения общей минерализация воды, наличие хемоклина, наличие разнородных водных масс в водоеме.

Занесение результатов исследований в тетради. Подведение итогов экскурсии, проверка выполнения заданий.

Вывод по главе 4

Предлагается новый комплексный подход в изучении озер во внеурочных занятиях по географии, в работе лимнологического кружка. Данный подход заключается в комбинированном использовании дистанционных методов, сведений электронных баз данных и самостоятельных полевых исследованиях по намеченной группе параметров.

В ходе исследовательского похода школьникам предлагается изучить и освоить полевые методы изучения озер помимо дистанционных и справочных систем. Эти методы можно использовать для проектной деятельности по изучению морфометрических характеристик, экологическому состоянию и антропогенному освоению озер. По окончании урока-похода у ребят будет составлен паспорт водоемов, что в дальнейшем можно использовать на научно-исследовательских конкурсах и конференциях.

Полевые наблюдения предлагается проводить в сроки экстремальных состояний озерной экосистемы в зимний и летний периоды (метод точек экстремумов). Для озер Челябинской области это период середины марта и конец июля – первая половина августа.

Полевые и дистанционные наблюдения и последующие камеральные расчеты рекомендуется проводить с использованием метода озерных пар, подбирая асимметричные озерные пары (по природным параметрам и степени и характеру антропогенного воздействия). Предложены примеры наиболее интересных озерных пар, находящихся в шаговой доступности (расстояние около 1 км).

Предлагается к применению новый прибор (диск Захарова), позволяющий качественно оценить параметры прозрачности для водоемов, подверженных эвтрофикации, так и для дистрофных водоемов. Предварительное испытание прибора показало, что наиболее

информативные данные наблюдаются не в сравнении разнотипных озер друг с другом, а для одного и того же водоема в сезонной и многолетней динамике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения озер Хомутинской группы нами произведена оценка гидрологического состояния и возможности их рекреационного использования. В ходе работы были изучены гидрофизические и гидрохимические параметры экосистем и выявлены основные ингредиенты загрязнения вод, определены современное гидроэкологическое состояние озер и их рекреационный потенциал, трофический статус вод. Также по результатам исследований рекомендованы мероприятия по оптимизации природопользования и охране озер. Благодаря данной работе, показано применение полученных данных в учебном курсе географии и во внешкольном дополнительном образовании.

1. Впервые обнаружена многолетняя циклическая флуктуация общей минерализации и гидрохимического класса вод для оз. Подборное. Выявлено, что смена с хлоридного на гидрокарбонатный класс происходит при повышении минерализации (что весьма необычно!); определен приблизительный порог смены гидрохимических классов – около 5,8 – 6,0 г/л.

2. Обнаружена корреляция изменения общей минерализации и кальций-иона; с увеличением минерализации концентрация кальция уменьшается.

3. Обнаружено увеличение концентраций соединений азота минерального в 2018 году по отношению к предыдущим годам наблюдений; при этом отмечено снижение концентраций фосфора общего.

4. Отмечено превышение ПДК для Fe, Mn (скорее всего, природная особенность). Отмечены более высокие концентрации тяжелых металлов в озере Подборное по сравнению с оз. Горьким; отмечено увеличение концентраций меди, никеля в 2018 г. по сравнению с 2007 г. Впервые в водах озер обнаружен свинец. Достоверного загрязнения по

группе тяжелых металлов не выявлено, но требуется мониторинг за Cu, Ni, Pb в водах озер, особенно для озера Подборное.

5. В воде озер обнаружено значительное количество органического вещества. В 2018 г. отмечено снижение концентрации легкоокисляемого органического вещества в озерах на фоне роста концентраций трудноокисляемой органики – ХПК до 300 – 450 мгО/л.

6. К 2018 г. выявлены значительный рост концентраций металлов, органического вещества, снижение прозрачности воды – с высокой долей вероятности это следствие антропогенного воздействия на акваторию и прибрежные ландшафты озер.

7. Для озер Горькое и Подборное характерна невысокая прозрачность воды, в диапазоне 0,25 – 0,75 м; трофический статус озер эвтрофно-политрофный, TSI = 68 – 69. Для озера Круглое характерна невысокая прозрачность воды, в диапазоне 0,6 – 0,85 м; трофический статус – эвтрофный водоем, TSI = 65.

8. Были сформулированы основные рекомендации по восстановлению изучаемых озер. А именно создание организованного культурного отдыха (сочетание отдыха на пляже с познавательными экскурсиями или мероприятиями); оборудование пляжей для отдыха (наличие пляжных павильонов, навесов аэрариев, лежаков, кабин для переодевания, туалетов и моек, урн для мусора); проведение очистных мероприятия на водосборе озер Горькое и Круглое и вынесение части огородов с. Хомутино, ферм и пастбищ из прибрежной зоны, тем самым прекратить смыв биогенных веществ в водоемы.

9. Предлагается к применению новый прибор (диск Захарова), позволяющий качественно оценить параметры прозрачности для водоемов, подверженных эвтрофикации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеенко В.А. Металлы в окружающей среде. Оценка экологогеохимических изменений: сборник задач/ В.А. Алексеенко, А.В. Суворинов, Е.В. Власова – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 216с.
2. Андреева М.А. Озера Среднего и Южного Урала – Челябинск, 1973. 270 с.
3. Антимонов Н.А. Школьные походы по изучению рек, озер и болот родного края – М., ГУПИ Мин. Просвещения РСФСР, 1963. 132 с.
4. Бестужева А.С. Гидроэкология. Часть 1. Общая гидроэкология: курс лекций/ А.С. Бестужева. – М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. – 88с.
5. Богословский Б.Б. Задания и методические указания для практических работ по курсу «Озероведение» - М., МГУ, 1966. 26 с.
6. Двинских С.А., Китаев А.Б., Шайдулина А.А. Изучаем водные объекты Пермского края. Учебное пособие для учителей средних учебных заведений, студентов вузов – Пермь, ПГНИУ, 2015. 120 с.
7. Егоров А.Н., Захаров С.Г. Соленые озера Южного Урала/География и природные ресурсы, № 1. – 2004. – С. 146-148.
8. Захаров С.Г. Вариации основных гидрохимических параметров озер Хомутининской группы (Южный Урал)/ Геология, география и глобальная энергия. 2008. № 1 С. 124 – 127.
9. Захаров С.Г. Мы изучаем озера. Учебно-методическое пособие для учителей общеобразовательных школ и педагогов дополнительного образования – Челябинск, 2001. 60 с.
10. Захаров С.Г. Озера Челябинской области: учебное пособие / С.Г.Захаров. – Челябинск: АБРИС, 2010. – 128с.
11. Захаров С.Г., Мартынова М.М. Новые подходы к оценке экологического состояния водоемов по параметру прозрачности//

Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества/Материалы V Всеросс. заочн. науч.-практ. конф., посвященной Году Экологии в России – Челябинск, «Край Ра», 2017. С.107-110.

12. Захаров С.Г., Мартынова М.М. Гидрологическое и экологическое состояние Хомутининских озер//Лучшая студенческая статья 2018/Сборник статей XIII Международного научно-практического конкурса, Ч.1. Пенза, МЦНС «Наука и просвещение», 2018. С.335-338.

13. Захаров С.Г., Мартынова М.М. Изменения гидрохимических параметров озер Горькое и Подборное//Проблемы географии Урала и сопредельных территорий//Материалы Международной научно-практической конференции (Челябинск, 26-28 сентября 2018 г.) – Челябинск, Край Ра, 2018. С.108-114.

14. Захаров С.Г. Мартынова М.М. Гидрохимический режим озера Круглое (Хомутининская группа озер)// Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества/ Материалы Международной научно-практической конференции (Челябинск, 18-20 сентября 2019 г.) – Челябинск, Край Ра, 2019. С. 154-158.

15. Захаров С.Г., Мартынова М.М. Зональные и аazonальные факторы формирования гидрологического режима озер Хомутининской группы // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий/Материалы II Международной научно-практической конференции (Челябинск, 22-23 мая 2020 г.) – Челябинск, Край Ра, 2020. С. 141-149.

16. Захаров С.Г., Шерстобитова С.А., Мартынова М.М. Новые подходы и новые методы изучения озер во внеклассной работе по предмету «география»//Астраханский вестник экологического образования – Астрахань, Нижневолжский экоцентр, 2018. С. 22-28.

17. Изучаем водоемы: как исследовать озера и пруды/под ред. А.А. Коробейникова, Г.А. Воробьева – Вологда, ВГПИ, 1994. 148 с.

18. Инструкция для исследования озер – СПб., ИРГО, 1908. 297 с.

19. Колотова Е.В. Рекреационное ресурсоведение — М., 1998. 136 с.
20. Лесненко В.К. Мир озер / В.К. Лесненко. – М.: Просвещение, 1989. – 158с.
21. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник – 2-е издание / А.М.
22. Окснюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах – Киев, Наукова думка, 1986. 171 с.
23. Патент полезная модель № 170726, РФ/Прибор для измерения прозрачности воды/С.Г.Захаров. Патентообладатель ФГБОУ ВО «ЧГПУ» - - 2016127818, заяв.08.07.2016, зарегистр. 04.05.2017. Бюлл. № 13, 2017.
24. Природа Челябинской области / Под ред. А.М.Андреевой. – Челябинск: Издательство ЧГПУ, 2000. – 269с.
25. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидробиотаника: прибрежно-водная растительность: учебное пособие для студентов высших учебных заведений – М., Академия, 2005. 240 с.
26. Сахненко М.А. Гидрология и гидроэкология: методические рекомендации/ М.А. Сахненко. – Электронн.текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. – 115с.
27. Семенченко В.П. Экологическое качество поверхностных вод: монография/ Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. – Электрон.текстовые данные. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 329с.
28. Сементовский В.Н. Горные озера Урала. Опыт классификации – //Известия ИРГО, т.50, вып. 5-6. – Петроград, 1914. С. 277-340.
29. Стельмах Т.С. Гидрогеологическая карта второго от поверхности опокового водоносного горизонта в районе озера Подборного Челябинской области [Карта] – Челябинск, 1961.
30. Теоретические вопросы классификации озер/ Под ред. Н.П. Смирнова. СПб.: Наука,1993. 185 с.
31. Челябинская область. Атлас: Учебное пособие / Под ред.проф. В.В. Латюшина. – Челябинск: АБРИС, 2002. – 32с.

32. Челябинская область: энциклопедия / гл. ред. К.Н. Бочкарев. – Челябинск: Каменный пояс, 2004. Т.2. – Д – И. – 672с.
33. Черняева Л.Е. Гидрохимия озер (Урал и Приуралье) / Л.Е. Черняева, А.М. Черняев, М.Н. Еремеева. – Л.: 1977. – 355с.
34. Шерстобитова С.А. Исследование водных объектов (озер) в полевой экспедиции с разновозрастным отрядом обучающихся// Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества/Материалы V Всеросс. заочн. науч.-практ. конф. , посвященной Году Экологии в России – Челябинск, «Край Ра», 2017. С.98-103.
35. Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. Учебник для вузов – М., Издательство «Перо», 2014. 399 с.
36. Янцер О.В. Методы полевых исследований гидрологических объектов: учебно-методическое пособие для школьников – Екатеринбург, ГОУ ДО Дворец молодежи, 2013. 35 с.
37. Carlson R. A trophic state index for lakes/Limnol. Oceanogr.1977 vol. 22 p.361-369/
38. Европейское космическое агентство [Электронный ресурс] -- www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ERS_1_and_2). Дата обращения 16.07.2018.
39. Озера Земли. Электронный справочник/Институт озероведения РАН [Электронный ресурс] -- www.limno.org.ru/win/usl_w.htm Дата обращения 16.07.2018.
40. Озера России. Электронный справочник/Институт озероведения РАН [Электронный ресурс] -- www.limno.org.ru/win/usl_rus.htm Дата обращения 16.07.2018.