

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Оценка безопасности озер г. Томска и Томского района на основе токсикологических исследований

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ахназарова Зиравард Акилесовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Хващевская Альбина Анатольевна	к.г.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Пасечник Елена Юрьевна	к.г.-м.н.		

Томск – 2023г.

Результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции	Подготовка и защита ВКР
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	+
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	+
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	+
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия	+
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	+
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	+
ОПК(У)-1	Способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	+
ОПК(У)-2	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности	+
ОПК(У)-3	Готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования	+
ОПК(У)-4	Способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов	+
ОПК(У)-5	Способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства	+
ОПК(У)-6	Способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию	+
ОПК(У)-7	Способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ	+
ПК(У)-7	Способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов	+
ПК(У)-1	Способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов	+
ПК(У)-2	Способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования	+

Код компетенции	Наименование компетенции	Подготовка и защита ВКР
ПК(У)-3	Способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам	+
ПК(У)-6	Способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности	+
ПК(У)-7	Способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов	+
ПК(У)-8	Способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности	+
ПК(У)-9	Способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования	+
ДПК(У)-1	Способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	+



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Пасечник Е.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ12	Ахназарова Зиравард Акилесовна

Тема работы:

Оценка безопасности озер г. Томска и Томского района на основе токсикологических исследований	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 23.12.22 № 357 – 3/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	до 21.06.23
--	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования-природные поверхностные воды озера города Томска (Университетское) и прилегающих территорий (Позднеевское и Губинское)</p> <p>Исходные материалы – результаты лабораторных наблюдений за химическим и микробиологическим составом природных вод озер (основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод) и токсичностью, полученные в период 2021-2022гг. и литературные данные.</p>
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке впрокос <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Природные условия района исследований (по литературным данным); 2. Особенности антропогенной нагрузки на территории исследования; 3. Химический состав вод водоемов; 4. Токсичность вод водоемов на основе результатов биотестирования вод озер; 5. Качество и безопасность вод водоемов и возможность их использования в рекреационных целях; 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7. Социальная ответственность.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович

Названия разделов на русском и иностранном языках:

Метод биотестирования; Объекты исследования; Химический состав вод озер;

Токсичность и биоресурсность вод озер; Безопасность вод озер

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	Сентябрь 2021 г.
--	------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хващевская Альбина Анатольевна	к.Г.-М.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ахназарова Зиравард Акилесовна		

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование

Уровень образования: высшее профессиональное

Отделение геологии

Период выполнения осенний / весенний семестр 2022 /2023 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10-12.2021	Обзор литературы и отчетной документации	
01-03.2022	Природные условия и геоэкологическая характеристика района исследований	
04-06.2022	Характеристика техногенной нагрузки на территорию исследования	
09-10.2022	Исследование химического состава и токсичности вод (отбор проб и анализ вод).	
12.2022-02.2023	Характеристика химического состава поверхностных вод озер г. Томска и прилегающих территорий и оценка их токсичности	
02-04.2023	Оценка безопасности вод озер на основе токсикологических исследований	
04.2023	Социальная ответственность	
05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
05.2023	Раздел на иностранном языке.	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Хвашевская Альбина Анатольевна	к.г.-м.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Пасечник Елена Юрьевна	к.г.-м.н.		

Оглавление

РЕФЕРАТ.....	9
Введение	12
1. Физико-географическая характеристика исследуемой территории.....	16
1.1 Географическое и административное положение объекта исследований	16
1.2 Рельеф	18
1.3 Климатические условия	19
1.4 Гидрологические условия.....	20
1.5. Почва и растительность	23
1.6. Природные ресурсы	24
1.7. Гидрогеологические условия	26
1.8 Тектонические условия	28
2. Особенности антропогенной нагрузки на территории исследований	32
3. Методика исследований.....	34
3.1 Полевые работы	34
3.2 Лабораторные работы	35
3.3 Камеральные работы	37
4. Метод биотестирования	38
5. Объекты исследования	47
6. Химический состав вод озер	53
6. Токсичность и биоресурсность вод озер.....	56
7 Безопасность вод озер.....	64
8. Социальная ответственность.....	66
8.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	69
8.2. Режим труда и отдыха при работе с компьютером	69
8.3. Производственная безопасность	71
8.4. Отклонение показателей микроклимата	72
8.5. Недостаточная освещенность рабочего места	73
8.7 Монотонный режим работы.....	77
8.8 Электрический ток.....	77
8.9. Пожарная опасность.....	79
8.10. Экологическая безопасность	80
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	118

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 133

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 139 страниц, 21 рисунок, 34 таблицы, 66 источников, 1 текстовое приложение, 2 схемы.

Ключевые слова: поверхностные воды, озера, химический состав вод озер, биотестирование, биоресурсность, безопасность.

Объектом исследования являются природные поверхностные воды озер г. Томска – озеро «Университетское» и Томского района – озеро в д. Позднеево и с. Губино.

Цель исследования – оценка безопасности вод водоемов г. Томска и Томского района на основе определения их токсичности и биоресурсности.

В работе представлены физико-географические условия формирования состава вод водоемов территории г. Томска, приведены современные данные химического состава вод исследуемых озер и их способность к самовосстановлению, а также информация о токсичности вод водоемов.

В результате исследования отмечены особенности поведения ряда компонентов состава вод городской и прилегающей к ней сельскохозяйственной территорий, проведена оценка токсичности и биоресурсности вод озер, дана оценка их качества, определены основные источники негативного воздействия на поверхностные воды исследуемой территории.

В процессе исследования проводились: рекогносцировочные работы по изучению физико-географических особенностей территории исследования и расположению пунктов наблюдения; полевые работы по отбору проб поверхностных вод озер и описанию условий их проявления; лабораторные работы по изучению химического состава и токсичности вод озер; камеральные работы по обработке фактических данных, оценке качества вод в условиях антропогенной нагрузки и их биоресурсности.

В результате исследования, полученная информация о токсичности природных поверхностных вод трех озер, расположенных в пределах селитебной и сельскохозяйственной территорий за 2-х летний период позволит

продемонстрировать их устойчивость и возможность к самовосстановлению в условиях многообразных видов антропогенной нагрузки на экосистему, а также разработать комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы г. Томска и сохранить исторически-значимые и стратегически важные объекты, снизить материальные затраты на восстановление жизнедеятельности озер г. Томска и повысить безопасность озер и возможность их использования в рекреационных целях.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2016, при построении таблиц использован табличный процессор MicrosoftExcel 2016, и Google (Yandex) карты.

Степень внедрения: частичная

Область применения: Полученная информация может быть использована Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды при мониторинге состояния водных ресурсов г. Томска и планировании программ рекультивации водоемов, образовательными учреждениями при организации и развитии системы экологического образования и формирования экологической культуры на территории Томской области и других регионов страны.

Экономическая эффективность/значимость работы: Полученная информация может быть использована для дальнейшего наблюдения за составом природных поверхностных вод городской территории г. Томска в условиях антропогенного влияния. Данные о токсичности и биоресурсности вод озер могут быть исходным материалом для подбора мер по уменьшению и/или ликвидации техногенного влияния на водоемы с целью предотвращения изменения природного характера вод, что будет способствовать улучшению экологического состояния рекреационно - оздоровительной зоны в пределах исторической части города на территории Сибирского ботанического сада, Университетской рожи Томского государственного университета и в окрестности города Томска.

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

ТЭЦ – теплоэлектростанция;

ГРЭС – государственная районная электростанция;

ЗАО – закрытое акционерное общество;

ОАО – открытое акционерное общество;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

БПК – биологическое потребление кислорода;

ИПС – измеритель плотности суспензии;

КВ – культиватор водорослей;

КВМ – культиватор водорослей многокюветный;

СанПиН – санитарные правила и нормы.

Введение

Актуальность. Водоемы в виде озер являются важным компонентом природной среды и активно используются человеком в различных целях в том числе рекреационных. Роль озера в функционировании урбанизированных территорий очень значима, где они выполняют экосистемную, эстетическую, рекреационную функции, а также служат резерватами биоразнообразия флоры и фауны экосистем городских ландшафтов.

В настоящее время отмечается возрастание масштабов рекреационного спроса на акваториальные комплексы и установление степени повреждения водной экосистемы озер и их способности к самовосстановлению весьма важно. В этой связи **актуальна** оценка безопасности вод водоемов с точки зрения токсичности вод и возможности их использования в рекреационных целях.

Любой водный объект является средой обитания живых организмов и обладая полезностью для человека, имеет свой ресурсный потенциал, обеспечивающий его сохранение и экологическую безопасность для человека и природы. Ресурс водного объекта во многом зависит от качества воды и оказываемой на него антропогенной нагрузки.

Нарушение биологического равновесия в водоёмах создаёт серьезную угрозу естественного функционирования природной среды. Гидробионты, населяющие водоемы, являются индикаторами состояния водной среды и активно реагируют на ее изменение в результате техногенной нагрузки. При загрязнении водоёмов наблюдается нарушение отдельных физиологических функций гидробионтов, изменение их поведения, двигательной и трофической активности, снижение темпа роста, увеличение смертности, изменение численности и биомассы, снижение воспроизводимости, изменение наследственности особей. При этом, гидробионты являются звеньями единой трофической цепи и изменение жизненных функций одного из компонентов

приводит к нарушению всей трофической системы. В результате снижается биоресурсность водоема и экосистемы соответственно.

Одним из способов оценки потенциала водного объекта является определение токсичности вод, а учитывая степень их токсичности и интенсивность нарушения биологических связей гидробионтов, населяющих водоем, оценить его биоресурсность. Для этих целей используется метод биотестирования.

Биотестирование (англ. bioassay) — процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. Биотестирование воды представляет собой комплекс экспериментальных мероприятий, направленных на оценивание того, насколько вредоносными для живых организмов являются поступающие в водоем стоки [1].

Задача данных исследований состоит в том, чтобы определить степень вредного воздействия воды на живые организмы. Как правило, для этих целей используются микроорганизмы: рачки, водоросли, одноклеточные и другие тест-объекты. Биотестирование предполагает изучение влияния взятой из водоема пробы воды на жизнедеятельность определенных организмов, культивируемых в лаборатории с целью одномоментного определения токсичности [1].

Данный метод не дает каких-либо длительных прогнозов, в отличие от биоиндикации, так как он всего лишь определяет присутствие токсичности в пробе воды на момент проведения исследования. Однако его точность достаточно высока, так как биотестирование предполагает использование в тестах именно тех тест-объектов, которые живут в данном водоеме, что позволяет сделать исследование максимально достоверным. Таким образом, главные задачи, которые ставит перед собой биотестирование это:

- 1) определить степень токсичности отдельно взятых компонентов, попадающих в водную среду для скрининга и нормирования;

- 2) выявить наличие в составе вод вредных веществ для последующего химического исследования;
- 3) установить источник токсического загрязнения водной среды и оценить их интенсивность;
- 4) определить степень разведения сточных вод до уровня, при котором они могут считаться безвредными;
- 5) оценить потенциальную угрозу для водной среды [1].

Цель исследования – оценка безопасности вод водоемов г. Томска и Томского района на основе определения их токсичности и биоресурсности.

Объектом исследования являются воды озер, расположенных в пределах г. Томска и Томского района, приуроченных к территориям различного назначения – селитебного (озеро Университетское, г. Томск) и сельскохозяйственного (озера Позднеевское, д. Позднеево и озеро Губинское, с. Губино).

Задачи исследования:

1. Изучить физико-географические особенности территории;
2. Обобщить материалы исследований химического состава вод озер и их токсичности;
3. Установить степень токсичности вод озер на основе токсикологических исследований;
4. Оценить биоресурсность вод озер;
5. Оценить безопасность вод исследуемых водоемов и возможность их использования в рекреационных целях.

Методы и подходы. Решение поставленных задач и достижение цели исследования базируется на основе теоретических и прикладных аспектов водной экотоксикологии.

Фактический материал. В основу работы положены данные химического состава и степени токсичности вод озер Университетское в г. Томске и озер в д. Позднеево и с. Губино (Томский район), полученные в период с 2021 по 2022 годы Проблемной научно-исследовательской лабораторией гидрогеохимии

ТПУ. Водоемы опробованы неоднократно сезонно и в разные годы. Всего исследовано 8 проб воды из озер, 2 пробы снеготалой воды.

Научная новизна.

- Предложен способ оценки биоресурсности вод на основе токсикологических исследований.
- Оценена биоресурсность вод озер, располагающихся на территории различного функционального назначения – селитебная (г. Томск) и сельскохозяйственная (деревни Позднеево и Губино Томского района).
- Показана возможность оценки природного потенциала водоемов к самовосстановлению.

Практическая значимость. Практическая значимость данных исследований заключается в определении степени токсичности вод озер и возможности внедрения этих результатов для оценки ресурса водоемов к самовосстановлению и как следствие, развитие услуг по использованию вод озер и прилегающих к ним территорий в рекреационных и туристских целях.

Исследования проведены в интересах научных мероприятий Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета.

Апробация результатов. Результаты исследований были представлены в трудах XIX Международной научно-практической конференции «Возможности развития краеведения и туризма Сибирского региона и сопредельных территорий» в 2022 г. (г. Томск) и отмечены Дипломом в номинации «Сила воды в туризме»; Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» в 2023 г. (г. Томск).

1. Физико-географическая характеристика исследуемой территории

1.1 Географическое и административное положение объекта исследований

Административный центр одноимённых области и района - город Томск. Расположен на востоке Западной Сибири в 3500 км к востоку от Москвы, на правом берегу реки Томь, в 60 км от её впадения в Обь, и на берегах реки Ушайка.

Томская область входит в Сибирский федеральный округ и граничит с Кемеровской, Новосибирской областями на юге, с Омской областью на юго-западе, с Ханты-Мансийским автономным округом на севере, западе и северо-западе, с Красноярским краем на северо-востоке и востоке [2].

Площадь города составляет 294,6 км². Томск разделён на 4 внутригородских административно – территориальных образований: Кировский, Советский, Ленинский и Октябрьский районы [2]. Кировский и Советский районы расположены в южной части Томска, в основном на левом берегу реки Ушайки, а Ленинский и Октябрьский — в северной части города, на правом берегу Ушайки.

Карта географического и административного положения г. Томска представлена на рисунке 1.

Численность населения по состоянию на 1 января 2021 года составляет 597 819 человек [2]. По числу жителей Томск относится к средним для России городам. На рисунке 2 представлен график роста численности населения г. Томска за десятилетний период времени, на котором видно, что количество жителей возросло на 73 тысячи человек. Увеличение численности жителей, в большей степени, связано с присоединением к городу ряда населенных пунктов Томского района. В 2005 году к городу были присоединены поселки Светлый, Тимирязево, Держинское, Лоскутово, д. Эушта, д. Киргизка, железнодорожная станция Копылово. Ранее входивший в состав г. Томска анклав посёлок Аэропорт стал относиться к Мирненскому сельскому поселению Томского района.

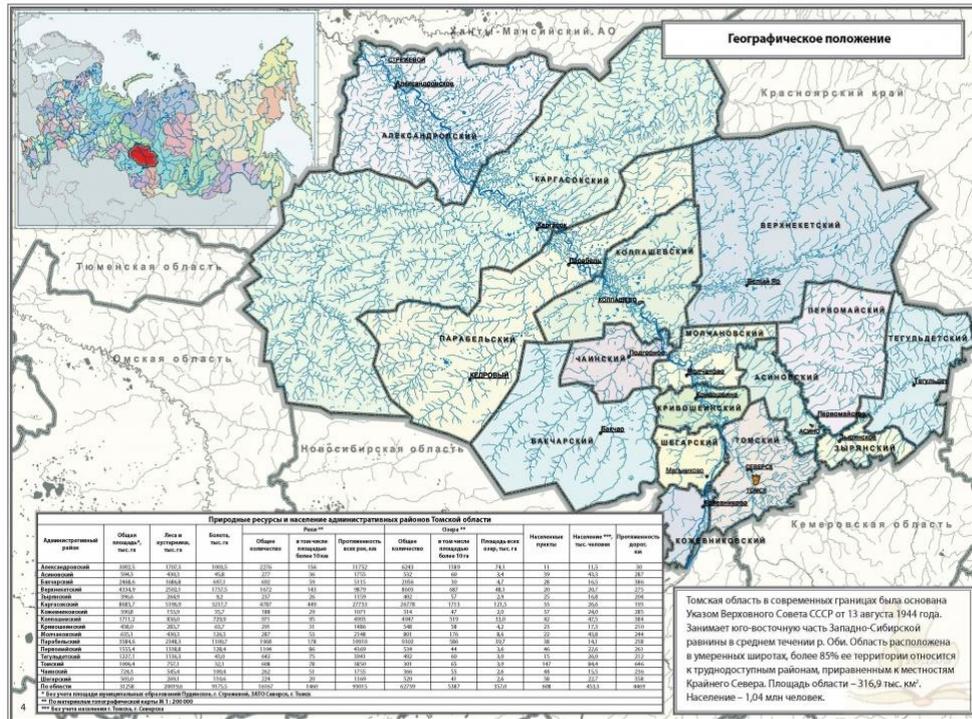


Рис.1 Карта географического и административного положения г. Томска [3]



Рис.2 График роста численности населения г. Томска [4]

Томск считают архитектурным памятником России из-за огромного количества, сохранившейся деревянной и каменной архитектуры XVIII–XX веков. Он старейший в Сибири крупный образовательный, научный и инновационный центр. В нем насчитывается 9 высших учебных заведений, 15 научно-исследовательских институтов, особая экономическая зона технико-внедренческого типа и 6 бизнес-инкубаторов.

Территория г. Томска и Томского района находится в юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и расположена на Обь-Томском междуречье.

В 12 км к северу от Томска расположен закрытый город Северск, в советские времена называвшийся «Томск-7».

1.2 Рельеф

Основные черты **рельефа** территории города Томска: пологоволнистая равнина с крупной долиной Томи, система долин притоков (Ушайки, Большой и Малой Киргизки, Басандайки). Пойма рек имеет по несколько террас. Высотные отметки над уровнем моря колеблются от 71 метра (Речной порт) до 135 м (Томск-I) и 160 метров (Академгородок). Современными рельефообразующими процессами являются: оврагообразование и оползни. На территории города расположено два геоморфологических памятника - Лагерный сад и обнажение на берегу реки Томи в Аникино (Голубые скалы).

Город Томск расположен в юго-восточной части Западно - Сибирской низменности. С запада территория оконтурена долиной реки Томи, на востоке, постепенно повышаясь, переходит в Томь-Чулымский водораздел. Наиболее высокие отметки водоразделов в южной части достигают 190-230 м, снижаясь до 120-150 м абсолютной высоты – в северной [5]. Большая часть территории занята лесами, болотами, реками и озёрами.

Рельеф местности представлен в основном плоскими заболоченными равнинами. Река Обь в среднем течении делит Томскую область на две равные

части, пересекая её с юго-востока на северо-запад. Возвышенное правобережье в меньшей степени заболочено и отличается лучшей заселенностью. На долю речных долин приходится 1/5 территории Томской области. Основные природные зоны: средняя тайга, южная тайга и лесостепная зона [6].

1.3 Климатические условия

Климатические особенности территории определяет ее географическое положение – почти в центре Евразии. Важным климатообразующим фактором является атмосферная циркуляция, которая зависит от рельефа местности, удаленности от морей и океанов. Тип климата в городе Томске резко континентальный с холодной продолжительной зимой и сравнительно жарким летом. Безморозный период в год составляет 100-105 дней. Зима суровая и продолжительная (средняя температура января от -17°C до -21°C); лето тёплое, короткое (средняя температура июля $+17^{\circ}\text{C} \dots +18^{\circ}\text{C}$). Вегетационный период 135—140 суток на севере, 150 суток на юге. [6]

Количество осадков на исследуемой территории превосходит величину испарения. Среднегодовая сумма осадков составляет 536 мм в год. Основная их часть выпадает в тёплый период года. Средняя скорость ветра 1,4 м/с. Господствуют ветры юго-западного и южного направлений.

Средняя высота снежного покрова 60-80 см, снег держится на севере 190-197 дней, на юге 176-182 дня. Повсеместно развита сезонная мерзлота. Глубина промерзания грунтов от 0,5-0,6 м, на торфяниках до 3,5м, на песках в среднем 1,0-2,0 м.[7]

Почти вся территория Томской области и соответственно города Томска, находится в пределах таежной зоны. Климат умеренно-континентальный циклический, отличается значительными суточными и годовыми амплитудами, более длительным зимним периодом. Осадки - 435 мм [6].

Климатические условия южных и северных районов Томской области заметно отличаются ввиду того, что расстояние между северной и южной границами области по меридиану составляет 600 км. Климатические характеристики северных районов области отличаются большей суровостью и продолжительностью зимнего сезона. Самая высокая точка Томской области - 274 м над уровнем моря, самая низкая - 34 м над уровнем моря [10]. Климатический график города Томска представлен на рисунке 3.

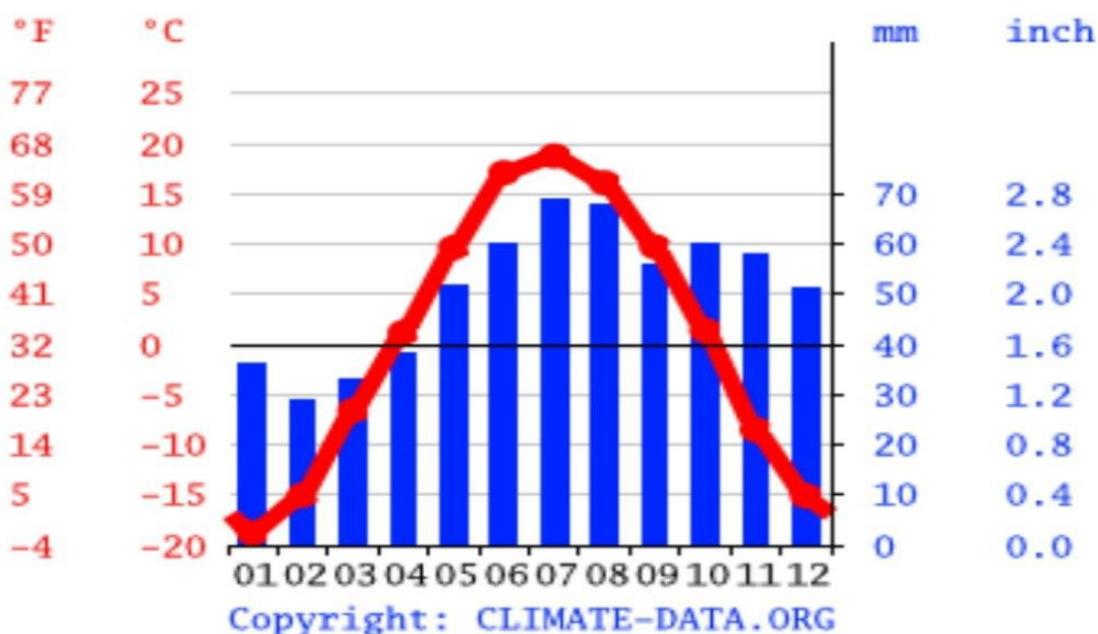


Рис.3. Климатический график города Томска [8]

1.4 Гидрологические условия

Основной водной артерией г. Томска является река Томь. Направление течения – северо-западное. Наиболее крупными притоками Томи являются реки: Ушайка, Басандайка, Киргизка. В пределах города и до устья Томь – типично равнинная река. Ширина ее русла на этом участке в межень 500-600 м. Долина реки достигает 1,5 км в ширину и имеет хорошо выраженную асимметричную форму. Речная система Томи принадлежит бассейну р. Оби.

Наибольшие уровни в Томи характерны для весеннего ледохода (870-310 см), а наименьшие для летне-осеннего периода (89-46 см). Продолжительность ледохода – 10 дней. Раннее начало ледохода – 11 апреля, позднее – 29 апреля. Раннее окончание – 22 апреля, позднее – 9 мая. Во время ледохода вода в реке поднимается до 5-6 м. Паводок в это время движется со скоростью до 3,88 м/с, разрушая все на своем пути.

Притоки реки Томи – Басандайка, Ушайка, Киргизка имеют западное, северо-западное направление. Долины рек хорошо разработаны. В палеозойских породах долины имеют небольшую ширину (75-100 м), крутые склоны, течение воды довольно быстрое с большим количеством перекатов. Протекая по участкам рыхлых пород, реки имеют медленное течение, ширина долины достигает 500-600 м, расходы рек в межень колеблются в пределах 1,2-1,8 м³/с при скорости в среднем 0,1-0,6 м/с, ширина их русла 20-30 м, глубина не превышает двух метров.

Режим рек находится в большой зависимости от выпадающих атмосферных осадков в полном соответствии с режимом грунтовых вод.

В правобережной части города Томска находятся многочисленные озера: Белое, Керепеть, Зыряновское, Осаваш, Анжетан, Мавлюкеевское, Кочетово, Игуменское, Ботаническое и др. На левобережной части Томи расположены озера: Сенная Курья, Калмацкое, Копаное, Прорва, Боярское, Беленькое, Тояново, Линёво, Тухлое, Озеро Малые Штаны, Песчаное, Кривое, Целофанка, Щучка.

Общая площадь открытых водоёмов (рек и озёр) составляет 2,5 % территории области; болота – около 30 %. Вся речная система принадлежит бассейну Оби, которая пересекает область с юго-востока на северо-запад на расстоянии около 1000 км. Количество озёр достигает 95 тысяч, особенно их много в поймах рек. Площадь водного зеркала крупнейшего в области озера Мирного, расположенного среди болот на плоском междуречье рек Чузик и Чижалка, превышает 18 км².

Подземные воды. Область обладает практически неограниченными ресурсами подземных вод, заключенных в рыхлых отложениях разного возраста — от мелового до четвертичного. Прогнозные ресурсы пресных и маломинерализованных вод верхней 250-метровой толщи рыхлых отложений оценены в количестве 61,4 млн м³/сут., расчетный срок эксплуатации 50 лет. Ресурсы пресных подземных вод составляют 98 % от общей суммы, на долю подземных вод с повышенной минерализацией (1-3 мг/дм³) приходится соответственно 2 %. Эти воды приурочены к меловым отложениям и распространены на левобережье р. Оби. Разведано 29 месторождений пресных подземных вод и 1 минеральных. Общая сумма эксплуатационных запасов подземных вод по категориям А+В+С1 - 1028,14 тыс. м³/сут., что составляет менее 2 % оцененных прогнозных ресурсов. Из них 965,47 тыс. м³/сут. утверждены в территориальной и государственной комиссиях по запасам. Основные пользователи воды из подземных источников — города Томск, Северск и Стрежевой. Гидрологическая карта города Томска представлена на рисунке 4.

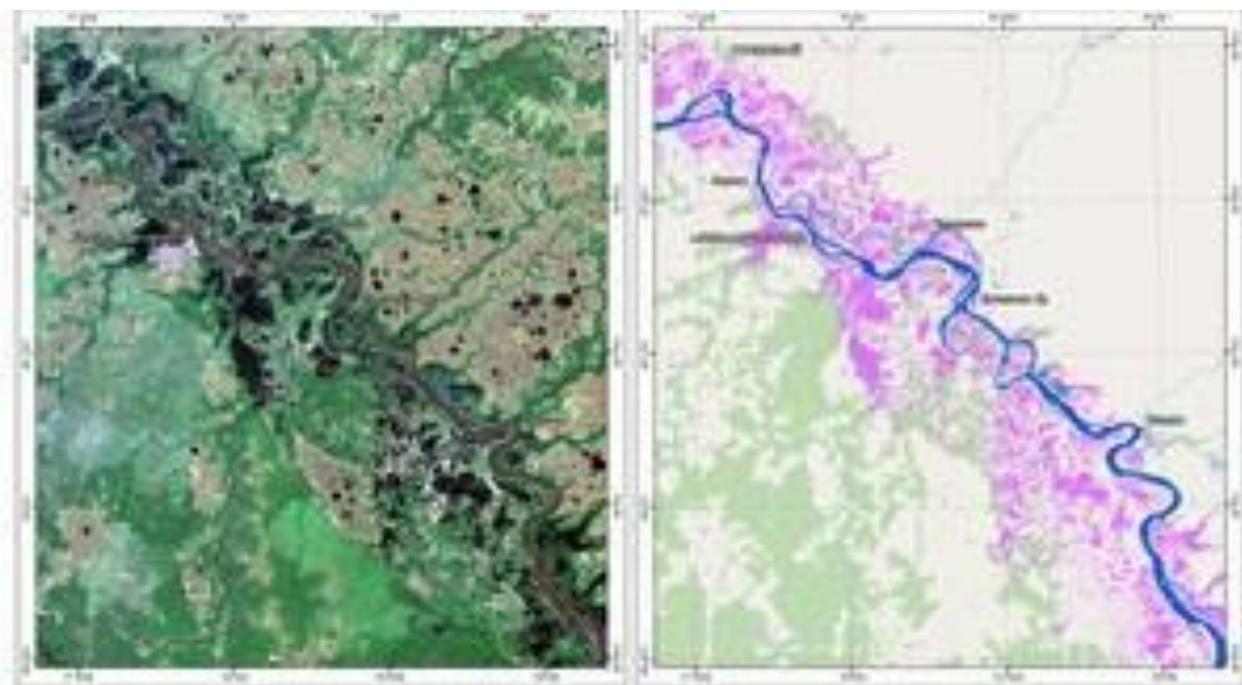


Рис.4. Гидрологическая карта города Томска [10]

1.5. Почва и растительность

Город Томск и городские окрестности входят в состав подтаежной подзоны, которая является переходной от темнохвойной тайги и сосновых лесов к березовым и лесным лугам.

Зональными почвами района являются дерново-подзолистые супесчаные и песчаные, серые лесные в разной степени эродированные со значительными контурами темно-серых лесных, лугово-черноземных почв. Сложность геологического строения и рельефа правобережья реки Томи отражаются в распределении и сочетании в пространстве факторов и условий почвообразования и обуславливают сложность структуры почвенного покрова.

В пределах водораздельной территории, третьей и четвертой надпойменных террас распространены серые лесные, светло-серые лесные (на повышенных участках) и темно-серые лесные почвы (пониженные участки). В неглубоких лощинах и гривах водораздела, ориентированных в различных направлениях, создаются условия замедленного поверхностного стока, что приводит к частичному заболачиванию пониженных участков рельефа. Встречаются заболоченные понижения, нередко заполненные маломощными торфяниками (болотные почвы).

На второй надпойменной террасе преобладают дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава.

На первой надпойменной террасе доминируют серые лесные глеевые, а также луговые, лугово черноземные и лугово-болотные почвы[9].

С юго-востока к Томску подступают вторичные берёзово-осиновые высокотравные леса (Морлякочева И.В.).

Флора города Томска достаточно богатая и составляет 73,7 % от флоры всей Томской области в целом. Десять ведущих семейств флоры включают 56,5

% видового богатства флоры, наиболее богатыми видами являются семейства Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Brassicaceae, Fabaceae и прочие.

В список флоры включены все виды, отмечающиеся на территории города в его современных границах, за исключением интродуцированных деревьев, кустарников и травянистых растений, не склонных к одичанию. Фотоматериал растительности Томской области представлен на рисунке 5.



Рис.5. Растительность лесов Томской области[11]

1.6. Природные ресурсы

Томская область богата природными ресурсами, такими как нефть (100 месторождений, 1449 млн. т, природный газ (632млрд. м³), чёрные и цветные металлы, бурый уголь - 74,7 млрд. т, торф (второе место по запасам в России) и подземные воды. В области находится Бакcharское железорудное месторождение, являющееся одним из крупнейших в мире (57 % всей железной руды России), общий объём запасов 90 млрд т. На территории Томской области

расположено множество месторождений сырья для строительных материалов: глины, песка, известняков, глинистых сланцев, гравия[12].

Среднее Приобье имеет минерализованные подземные воды на глубине 1100—2250 м. В районе города Томска имеются выходы радоновых вод. Общие запасы подземных вод оцениваются в 14,2 млрд м³. Кроме того, имеются разведанные запасы каолина, тугоплавких глин, стекольных и ильменит-цирконовых песков (ильменит — 3,4 млн т, циркон — 1380 тыс.т), лейкоксена и рутила (600 тыс. т), бокситов (11,5 млн тонн), бурого угля (3 млрд 625,6 млн тонн), цинка (559 тыс. тонн), золота, платины и титана.

Томский район и прилегающие к нему территории богат полезными ископаемыми. Здесь распространены месторождения угля, песков строительных, белой глины (кирпичная и керамическая), крупные месторождения песчано – гравийной смеси, минеральных вод, полудрагоценных камней; месторождения редкоземельных металлов (сурьмы, цинка), бокситов, циркония, золота и т.д. На этой территории насчитывается 136 месторождений общераспространенных полезных ископаемых и 15 месторождений полезных ископаемых других видов. В настоящее время эксплуатируется 57 месторождений. Крупные месторождения песчано – гравийной смеси разведаны на реках Томи, Оби, Яе. Месторождения камня строительного сосредоточены на юге района, но их не много. Месторождения песков строительных открыты в долинах Оби, Томи, Чулыма и их притоков. На Туганском месторождении кварцевых песков сосредоточена одна треть всех разведанных запасов стекольных песков страны. Также там встречается каолин (белая глина). Кроме того, здесь известно 79 месторождений торфа. Разрабатываемый фонд включает 11 месторождений с общим запасом торфа – более 200 млн.т. Бальнеологическую ценность имеют сапропели озера Кирек в Обь – Томском междуречье. Общие запасы составляют около 1 млн. м³. На территории имеются запасы углекислых, содовых и хлоридно – натриевых вод. В общем по району наблюдается стабильный уровень добычи полезных ископаемых за последние несколько лет. Кроме того, многие

месторождения подготавливаются к освоению и в данное время по лицензиям, выданных на разработку 63 месторождений, из них 43 на общераспространенные полезные ископаемые [13]. На рисунке 6 представлена карта полезных ископаемых Томской области и города Томска.

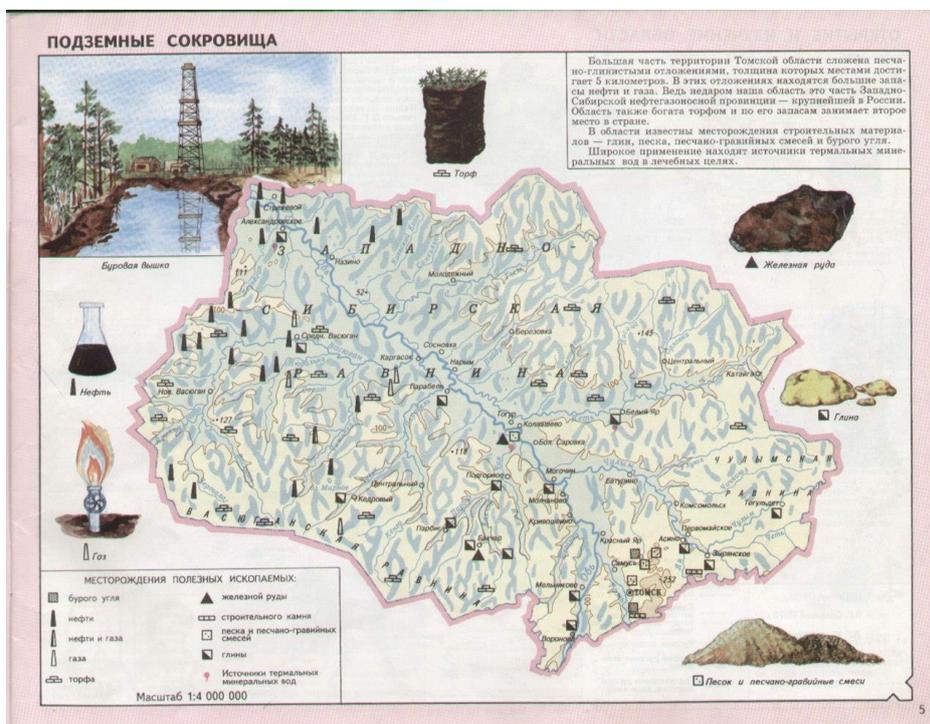


Рис.6. Карта полезных ископаемых Томской области и города Томска [14]

1.7. Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия территории г. Томска предопределяются особенностями геологического строения территории. В г. Томске выделяются следующие водоносные комплексы: 1) четвертичных отложений, 2) палеогеновых отложений, 3) палеозойских отложений. Первые два водоносных комплекса состоят из рыхлых образований, и подразделяются на несколько водоносных горизонтов. Водоносный комплекс нижнекаменноугольных отложений представлен трещиноватыми породами палеозойского фундамента,

имеет повсеместное распространение. Водовмещающие породы преимущественно глинистые сланцы и, в меньшей мере, песчаники. Наибольшая водоносность приурочена к зоне региональной трещиноватости мощностью 20 - 80 м, развитой в верхней части разреза, структурному элювию и многочисленным плохо картируемыми зонами дробления палеозойского фундамента. Воды преимущественно трещинного типа, имеют напорный характер. Водообильность отложений невелика. Дебиты скважин варьируют от 0,1 до 5,8 л/с. Разгрузка вод нижнекаменноугольных отложений в зонах дроблений и разрывных нарушений характеризуется развитием родников, часто отлагающих карбонатные травертины в верховьях реки Ушайки. По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые, нейтральные (рН = 6,8-7) с общей минерализацией от 600 до 750 мг/л и общей жесткостью от 7 до 8,5 мг-экв/л (Покровский, Кузеванов, 1999) [9].

Подземные воды палеогеновых отложений напорные. По химическому составу гидрокарбонатно-кальциевые, нейтральные или слабощелочные (рН = 6,8 - 7,6) с минерализацией более 600 мг/л, холодные, умеренно жесткие. Мощность отложений в подземных водах города Томска варьирует от 6,1 до 13 м. В кровле их располагаются суглинки и глины с прослоями песка, иногда иловатые. Горизонт неоднороден по составу и степени промытости отложений. Водоносный горизонт высоких террас объединяет отложения второй и третьей террас и развит на большей части территории города. Мощности обводненных отложений разнообразны.

По режиму питания грунтовые воды города Томска, согласно классификации А. А. Коноплянцева, относятся к сезонному типу, преимущественно весеннего и осеннего питания, к подтипу умеренного питания и классу дренированных областей. Разгрузка подземных вод осуществляется перетеканием в подстилающие водоносные горизонты, частично в водоносный горизонт низких террас, а также в виде многочисленных нисходящих

источников, расположенных у подошвы террасовых уступов и на склонах речных долин и логов[15].

Подземные воды, находящиеся в толщах горных пород верхней части земной коры, в жидком, твёрдом и парообразном состоянии, в зависимости от характера пустот водовмещающих пород, делятся на поровые - в песках, галечниках и др. обломочных породах, трещинные (жильные) - в скальных породах (гранитах, песчаниках) и карстовые (трещинно-карстовые) - в растворимых породах (известняках, доломитах, гипсах и др.).

Природные растворы подземных вод содержат свыше 60 химических элементов (в наибольших количествах - К, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Cl, S, C, Si, N, O, H), а также микроорганизмы (окисляющие и восстанавливающие различные вещества). Как правило, насыщены газами (CO_2 , O_2 , N_2 , C_2H_2 и др.). На рисунке 7 представлена карта глубин грунтовых вод.

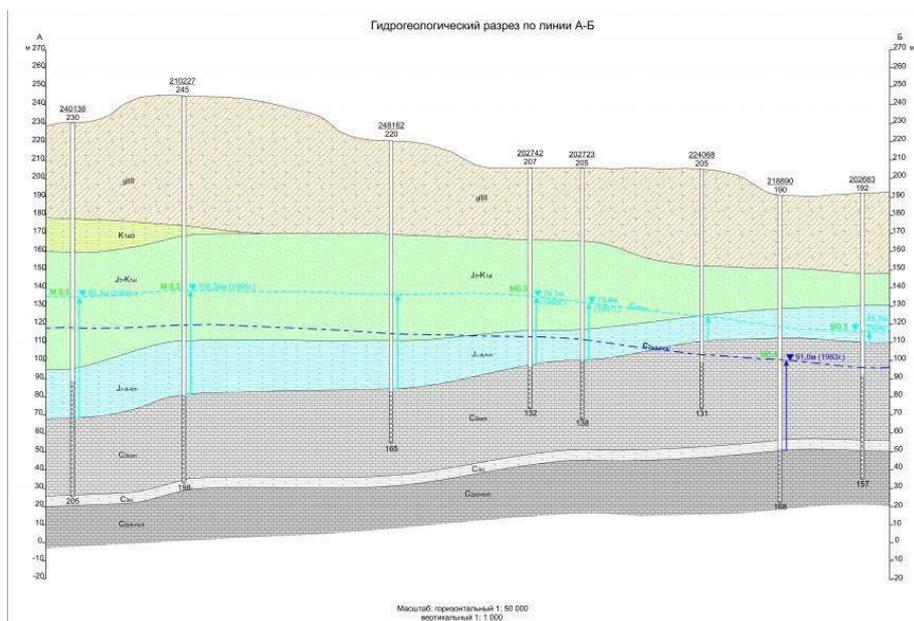


Рис.7. Карта глубин грунтовых вод [16]

1.8 Тектонические условия

Тектонические особенности территории города Томска показывают то, что он находится на сочленении двух структур: эпигерценской Западно-Сибирской

плиты и герцинид Томь-Колыванской складчатой зоны. Этим обусловлены все особенности геологического строения территории. [17]

В разрезе выделяются два структурных этажа: внизу - верхнепалеозойский складчатый фундамент, представленный нижнекаменноугольными песчано-глинистыми сланцами, прорванными дайками диабазов, предположительно юрского возраста; в верхней части - полого залегающий платформенный чехол мелово-кайназойского возраста. Основание стратиграфического разреза в районе города представлено нижнекаменно-угольными отложениями, расчлененными на два яруса: турнейский и визейский. Они представлены алевролитами, глинистыми сланцами с частыми прослоями известковых пород. [17]

Общей характерной особенностью отложений является их серая окраска, причем глинистые сланцы обычно темнее (иногда почти черные) песчаников и алевролитов, и отличаются слоистой и интенсивно сланцеватой текстурой [17].

Обычные осадочные отложения мезозойского возраста отсутствуют. В меловом периоде на отложениях нижнекаменноугольного возраста и диабазов предположительно юрского периода образовались элювиальные образования коры выветривания - породы глубокой химической переработки песчано-глинистых сланцев и диабазов. [17]

Отложения палеогеновой системы широко развиты в районе города и представлены континентальными фациями, с размывом залегающими на нижнекаменноугольных отложениях и глинах коры выветривания. Из отложений палеогеновой системы развиты в основном породы олигоцена. [17]

Так же хорошо развиты на территории города Томска четвертичные отложения на водоразделе и в долинах рек Томи, Ушайка, Малой Киргизки и Басандайки. Они перекрывают все более древние отложения и представлены всеми четырьмя подразделениями: нижним, средним, верхним и современными [17].

В районе зоны сочленения структур Колывань-Томской складчатой зоны, Западно-Сибирской плиты, Кузнецкого прогиба и Кузнецкого Алатау можно

выделить три структурных этажа: *нижний структурный этаж* сложен позднерифейским карбонатно-амфиболитовым комплексом, офиолитовой и островодужной нижнекембрийскими ассоциациями северного Алатау.

В структуре Кузнецкого Алатау выявлены сложно дислоцированные докембрийские и кембрийские вулканогенно-осадочные толщи, содержащие межпластовые тела мафит-ультрамафитового состава. На западе через зону Кузнецко-Алатауского разлома, имеющую крутое (70°) западное падение, Яйский горст контактирует с Ташминской грабен-синклиналью, выполненной верхнепалеозойскими толщами. [18]

На востоке горст также ограничен дизъюнктивным нарушением, частично замаскированным полем девонских вулканитов. В целом в пределах горста толщи пород имеют северо-северо-западное простирание прикрутых ($75-90^\circ$) углах падения, осложнены разнообразными разрывными нарушениями, зонами дробления и метасоматической переработки, преимущественно катаклазированы. [19]

Внутренняя структура блока предположительно имеет S-образную морфологию кулисообразно расположенных интрузий, наличие надвиговых структур, изоклинальных, опрокинутых и лежащих складок [Кошкарёв, 2002] [20].

На рисунке 8 представлена схема тектонического строения фундамента зоны сочленения Колывань-Томской складчатой зоны, Кузнецкого прогиба и Кузнецкого Алатау [В.А.Врублевский, 1987] [17].

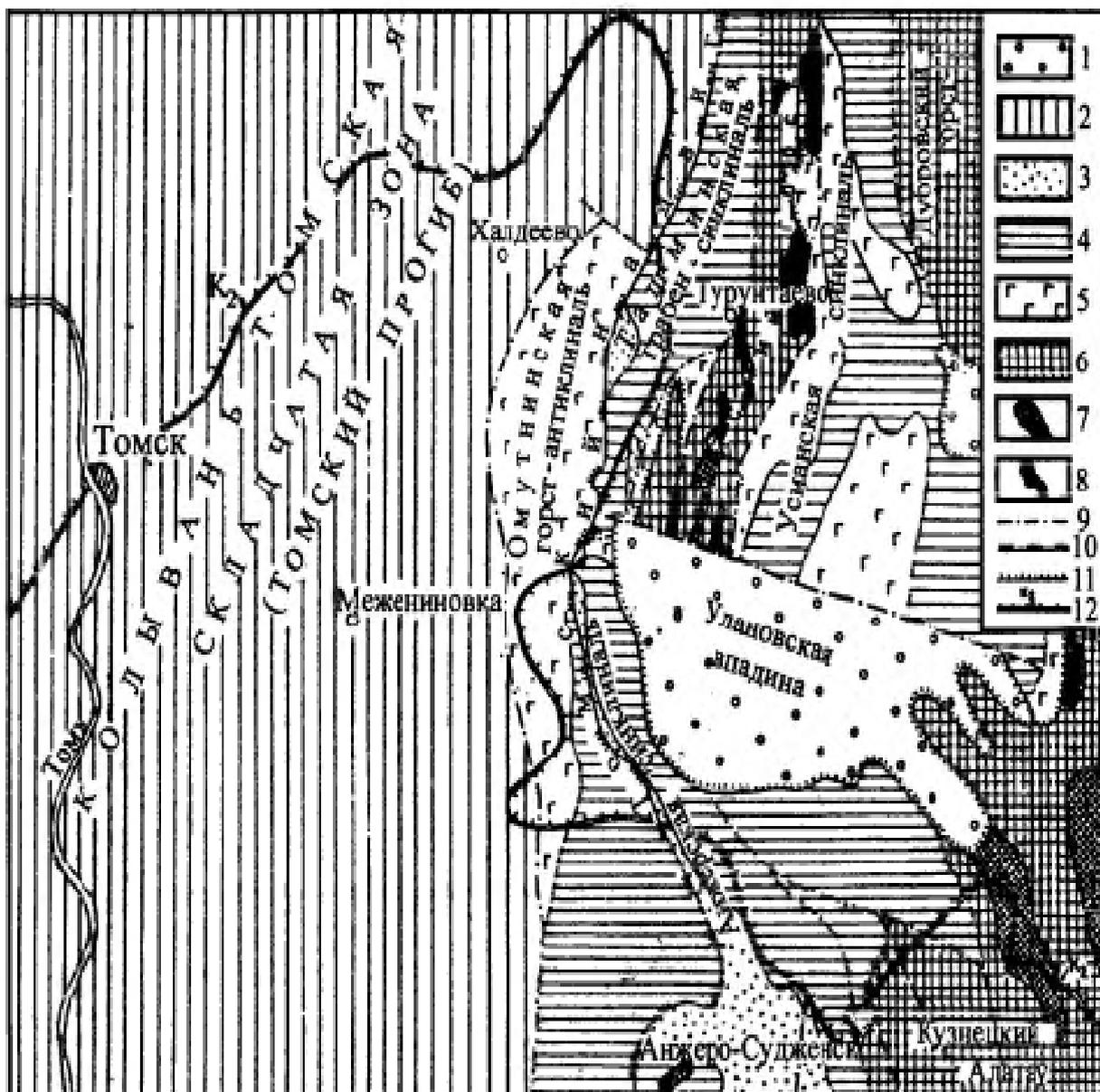


Рис.8. Схема тектонического строения фундамента зоны сочленения Колывань-Томской складчатой зоны, Кузнецкого прогиба и Кузнецкого Алатау [В.А.Врублевский, 1987] [20]

2. Особенности антропогенной нагрузки на территории исследований

Территория исследований приурочена к месту расположения различных объектов социально - культурного и производственного назначения. Экология города оставляет желать лучшего, так как воздух загрязнен практически на всей территории города. Особенно от загрязнения атмосферного воздуха страдают основные кварталы городской застройки, места постоянных пробок. Четыре промышленных предприятия — Томская ТЭЦ-3, Томская ГРЭС-2, ЗАО «Метанол» и ОАО «Томский нефтехимический завод» - давали 13,5 тыс. тонн выбросов в год, что составляло более половины всех выбросов загрязняющих веществ в Томске.

Рядом с Томском находится город Северск, на территории которого функционирует «Сибирский Химический Комбинат» значительно повлиявший на экологическое состояние реки Томи, так как на протяжении многих лет и до сих пор отходы сбрасываются в реку.

ПДК вредных веществ в стоках рек в черте жилой застройки Томска превышены до 40 раз, установила Томская прокуратура. По результатам анализов, которые были отобраны из сбросов проб сточной воды, выяснилось, что концентрации обнаруженных в них загрязняющих веществ превышают нормативные значения по многочисленным показателям, в том числе по БПК 5 (биологическое потребление кислорода, показатель загрязненности органическими веществами) - до 9,7 раз, по фосфат-иону - до 25,3 раз, по фенолам летучим - до 20 раз, по аммоний-иону - до 41,2 раз, по нефтепродуктам - до 5,2 раз[21].

По данным прокуратуры, часть водосбросов бесхозна, часть принадлежит администрации города. Объем выбросов загрязняющих веществ (тонн) от стационарных источников за 2010-2016 года составил: 2010 г. – 3561, 2011 г. – 3556, 2012 г. – 4093, 2013 г. – 2997, 2014 г. – 3130, 2015 г. – 3253, 2016 г. – 3674. Динамика изменения доли выбросов загрязняющих веществ в атмосферу представлена на рисунке 9.

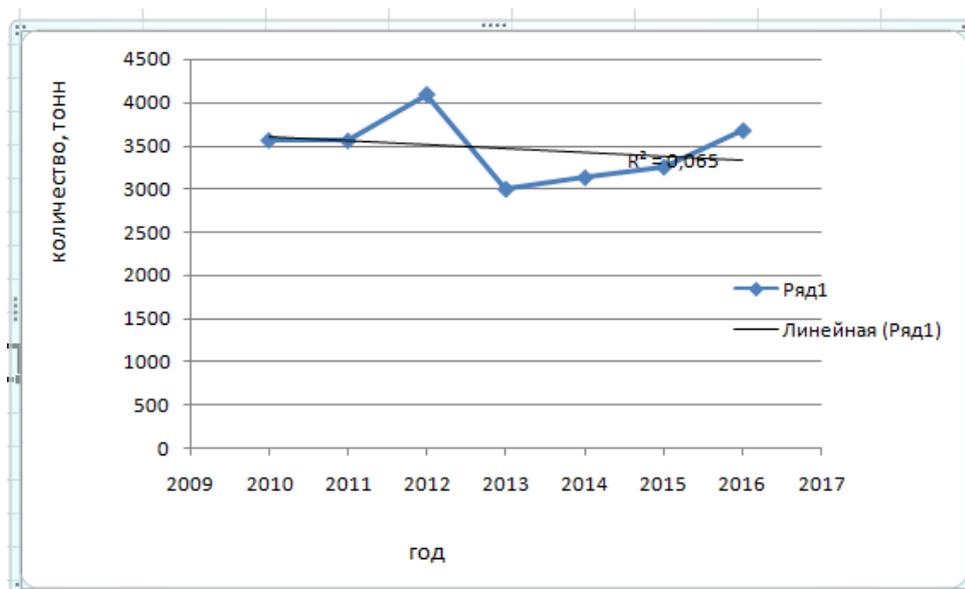


Рис.9. Доля выбросов загрязняющих веществ (тонн) от стационарных источников за 2010-2016 года [21]

Исследование водных объектов на территории города затруднено отсутствием постоянной сети режимных наблюдений. Так как состав природных вод города Томска формируется под влиянием совокупности естественных природных и техногенных факторов, ведущими являются особенности структуры стока и тип инженерного освоения, частично отражающий характер и интенсивность процессов антропогенного загрязнения вод. Показатели загрязнения свидетельствуют о том, что в пределах города воды, которые сохраняют свой естественный природный вид и в небольшой степени отличающиеся от аналоговых вод вне городской зоны, встречаются крайне редко. В большинстве случаев, практически все воды водоемов города Томска и прилегающих районов в той или иной степени несут следы техногенной нагрузки. Различны лишь источники обогащения вод техногенными компонентами и механизмы техногенного воздействия [22]. Оценка условной нагрузки загрязняющими веществами показывает, что в наибольшей степени загрязнению подвержены малые и очень малые реки, в которые сточные воды зачастую сбрасываются без очистки.

3. Методика исследований

Оценка безопасности вод озер проводится на основе изучения токсичности и биоресурсности вод водоемов и включает несколько этапов:

- предварительное знакомство с материалами исследований химического состава вод и их токсичности, выполненных ранее по данным объектам (2016-2020 гг.) ;
- полевые наблюдения и отбор проб вод;
- химический и токсикологический анализ исследуемых вод;
- описание объектов исследования;
- анализ данных химического состава и результатов биотестирования исследуемых вод;
- ценка токсичности вод озер и их биоресурсности;
- оценка возможности использования вод в рекреационных целях.

3.1 Полевые работы

Полевые работы проводились в летний и осенний периоды 2021 г. и 2022 г. и включали в себя: исследование и описание мест расположения исследуемых озер; отбор проб воды и снега из водоемов.

Для исследования биоресурсности водоемов выбраны озера, используемые в рекреационных целях, и расположенные в местах с явной техногенной нагрузкой - озеро Университетское в г. Томске (селитебная территория), озера в д. Позднеево и с. Губино (сельскохозяйственная территория).

Пробы воды отбирались в чистую пластиковую или стеклянную посуду. Для проведения общего химического анализа природной воды объем пробы составлял 1,5 л. Перед отбором пробы воды бутылку 3-хкратно ополаскивали исследуемой водой. Наполняли бутылку водой доверху так, чтобы некоторое количество воды перелилось через край. Плотнo закрывали бутылку с водой так, чтобы между пробкой и водой не осталось прослойки воздуха для минимизации

процессов окисления компонентов образца и изменения их форм содержания. Образцы доставлялись в ПНИЛ гидрогеохимии ТПУ для проведения исследований химического состава вод и оценки их токсичности. Анализ проводился в первые трое суток от момента отбора проб. В первую очередь проводилось определение быстроменяющихся показателей и компонентов состава вод, рН, компоненты карбонатной системы и соединения группы азота.

3.2 Лабораторные работы

Исследование химического состава и токсичности вод, а затем на их основе биоресурсности водоемов выполнялось в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ инженерами Бирко Э.С., Куровской В.В., Погуца А.С., Татарской Ю.Ф., Гостевой И.А.

Химический состав вод определялся по содержанию в них основных макрокомпонентов – анионов CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- и катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , ряда микрокомпонентов, соединений группы азота – NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , а также ряд обобщенных параметров – минерализация, общая жесткость, перманганатная окисляемость, удельная электрическая проводимость и рН. В работе использовались методы – титриметрия, потенциометрия, кондуктометрия, фотоколориметрия и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой.

Определение токсичности вод проведено по Методике измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) согласно требований ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04, Т 16.1:2:2.3:3.7-04. Хлорелла не только обладает высокой чувствительностью к присутствию незначительного количества поллютанта в воде, но и активно участвует в процессах альголизации водоёмов.

Критерием токсичности для тест-организма *Chlorellavulgaris* является изменение скорости роста биомассы водоросли: снижение на 20 % и более (ингибирование роста) или увеличение на 30 % и более (стимуляция роста) в

опытной среде по сравнению с контрольной средой. Определение острой токсичности проб вод озёр проводилось после их разбавления в ряд кратный трем согласно методике.

Токсичность вод определяется по индексу токсичности I (%):

$$I = (X_k - X_o) / X_k \times 100 \%,$$

где X_k и X_o – среднее значение оптической плотности в контроле и опыте, соответственно [23].

Работы проведены с применением метрологически поверенного и аттестованного оборудования: ИПС-03, культиваторы КВ-5 и КВМ-05, представленного на рисунке 10.



Рис. 10. Лабораторное оборудование, используемое для биотестирования (Культиватор водорослей КВМ-05)

Биоресурсность вод озер определена на основе степени токсичности вод, соотношением ее с объемом нарушения трофической цепи, воспроизводством звеньев трофической цепи и на их основе интенсивности нарушения (у.е.), как величины обратной степени токсичности ($I/100$). Выделяется три степени интенсивности нарушения трофической цепи: низкая, средняя и высокая. Из совокупности этих признаков и градации интенсивности нарушения установлена категория биоресурсного состояния водной экосистемы водоема: удовлетворительное, неудовлетворительное, критическое, чрезвычайное. Критерии биоресурсности предложены сотрудником ПНИЛ ГГХ ТПУ инженером

– токсикологом Гостевой И.А. (Гостева И.А., 2022), полученные на основе обобщения большого фактического и экспериментального материала по токсичности природных вод.

На основе данных биотестирования вод проведена оценка негативного влияния на водные объекты по показателю антропогенной нагрузки (ПАН) в соответствии с ГОСТ Р 57075-2016 и установлением кратности разбавления вод до их безвредного состояния (т.е. получение целевого значения показателя предотвращающего деградацию водоема и выводит его на безвредное состояние): $ПАН_i = C_i / ЦП_{э-ндт}$,

где C_i - концентрация аналита-маркера в загрязненных природных водах, отражающего определенный тип негативного воздействия, мг/дм³;

ЦП э-ндт— виртуальное, целевое значение концентрации показателя (аналита маркера) по типу воздействия, мг/усл. дм³, достижимое при использовании НДТ и удовлетворяющее условиям предотвращения деградации качества воды поверхностного водного объекта.

Для токсичности, расчет показателя ПАН проводится по кратности разбавления вод до исчезновения токсичности. Соответственно, целевой показатель при котором воды водоема имеют безвредное состояние - это без разбавления.

3.3 Камеральные работы

Камеральные работы включали в себя составление базы данных по химическому и микробиологическому составу поверхностных вод исследуемых озер, а также их токсичности. Материал представлен в виде таблиц, графиков, рисунков и фотоиллюстраций. Представлены теоретические обоснования современного состояния водоемов и их способности к самовосстановлению на основе критериев биоресурсности. Для написания работы использован программный комплекс Microsoft Office Word 2010. Рисунки составлены с помощью Яндекс карт.

4. Метод биотестирования

Биотестирование вошло в историю как способ оценки качества воды в начале XX века, в то время, когда для токсикологической оценки использовали «рыбную пробу». Первые биотесты были выполнены на дафниях и циклопах в 1918 году. После чего основным тест-объектом долгое время являлась *Daphnia Magna*. С конца 1930-х годов в качестве тест-объектов стали использовать гидробионты разного систематического уровня с разными трофическими связями, а с 1940 г. к ним присоединились простейшие, ракообразные, черви и рыбы. Биологическими показателями оценки качества воды стали выживаемость взрослых особей и нарождающейся молодежи, репродуктивность, дыхательный и сердечный ритмы, потребление кислорода, выделение углекислого газа и аммиака (конечных продуктов обмена), дыхательный коэффициент, темп роста и питания, кормовой коэффициент, увеличение массы тела и другие признаки. В 1980 году стало необходимым применение биотестирования как показателя оперативной интегральной диагностики качества вод. С 1981 по 1986 года методики биотестирования были апробированы и рекомендованы для определения токсичности сточных и природных вод. В настоящее время этот метод введен в стандарты для оценки качества вод во многих странах мира.

Применение биологических методов для оценки среды подразумевает использование животных или растений, чутко и остро реагирующих на тот или иной тип воздействия. С помощью подходящих индикаторных организмов в определенных условиях может осуществляться качественная и количественная оценка эффекта антропогенного и естественного влияния. В качестве тест-объектов можно использовать следующие виды организмов: животных, микроорганизмов, растения.

Современная водная экотоксикология располагает большим набором методов для определения степени повреждения водной экосистемы в результате антропогенной нагрузки. Биотестирование является одним из них.

Н.С.Строганов определил водную токсикологию как науку о токсичности среды обитания гидробионтов на всех уровнях организации живого. Водная токсикология изучает все реакции гидробионтов на загрязнение любого происхождения. Для оценки степени токсического загрязнения водного объекта нужно выполнить следующие задачи: определить, токсична ли исходная вода; какова степень ее токсичности; на каком расстоянии от источника загрязнения токсичность снижается. Для биоиндикации качества вод водоемов можно использовать все группы организмов, обитающие в водоеме: планктонные и бентосные беспозвоночные, простейшие, водоросли, макрофиты, бактерии и рыбы. Каждая группа этих организмов имеет свои преимущества и недостатки, определяющие границы ее использования при решении задач биотестирования, так как все эти группы играют важную роль в круговороте веществ в водоеме. Заключение о степени загрязненности воды определяют обычно по системе баллов от 1 до 6, а качество воды можно оценить с помощью биотического индекса по системе Ф.Вудивиса.

Для того, чтобы быть пригодными, методы биотестирования должны соответствовать следующим требованиям: быть применимыми для оценки любых изменений среды обитания живых организмов; характеризовать наиболее важные параметры жизнедеятельности организмов; быть достаточно чувствительными для выявления экологических изменений; быть адекватными для любого вида живых существ; быть удобными для лабораторного использования и для полевых исследований; быть достаточно простыми и не дорогостоящими для широкого использования. Одними из важнейших требований для оценки качества воды является чувствительность применяемых методов и универсальность в отношении физического, химического и биологического воздействия экосистем на живые организмы. Таким образом, спектр задач, решаемых с помощью биотестирования на сегодняшний день достаточно широк и все больше внедряется в природоохранную практику [24].

Биотестирование (англ. bioassay) — процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов [25]. Благодаря простоте, оперативности и доступности этот метод получил широкое признание во всем мире и его все чаще используют наряду с методами аналитической химии. Существует 2 вида биотестирования: морфофизиологический и хемотаксический. Хемотаксический метод более точный, так как в нем используется специальный прибор, а морфофизиологический позволяет более точно описать, что происходит с тест-объектами, например, в загрязненной воде.

Тест-объекты — это биоиндикаторы (растения и животные), которых используют для оценки качества воздуха, воды или почвы в лабораторных опытах (инфузории, водоросли, низшие ракообразные и др.), взаимное функционирование которых определяет способность водоема к самовосстановлению [25].

Биотестирование позволяет в условиях лабораторного эксперимента по результатам определения острой токсичности оценить степень нарушения водной экосистемы и снижение ее способности к самовосстановлению при избыточной нагрузке биогенных веществ. Биотестирование является одним из приёмов определения степени негативного воздействия физических, химических и биологических неблагоприятных факторов среды, потенциально опасных для живых организмов экосистем, в контролируемых экспериментальных лабораторных или натуральных условиях путем регистрации изменений биологически значимых показателей используемых тест-объектов с последующей оценкой их состояния в соответствии с выбранным критерием токсичности. Более кратко, биотестированием называется процедура установления качества среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.

Применение биотестирования охватывает следующие области:

1. Токсикологическая оценка качества природных вод;
2. Мониторинг питьевой воды, водоемов, почв, донных отложений на содержание токсикантов;
3. Контроль токсичности сточных вод;
4. Экологическая экспертиза новых технологий и материалов;
5. Контроль токсичности отходов, определение классов опасности отходов;
6. Контроль качества продуктов питания.

Основное преимущество экологического контроля (биотестирования) в сравнении с аналитическим контролем заключается в следующем. Аналитический контроль охватывает лишь незначительную часть реально присутствующих в окружающей среде токсических соединений, тогда как при применении биотестирования определяется интегральная токсичность определенной субстанции. Кроме того, проведение биотестирования, по сравнению с аналитическим контролем, значительно выгоднее экономически и позволяет дать ответ на вопрос об интегральной токсичности исследуемой субстанции в более сжатые сроки и с меньшими затратами.

При проведении работ по биотестированию в настоящее время используются четыре основных тест-объекта: зеленая водоросль *Chlorellavulgaris* Beijer, низшее ракообразное *Daphniamagna* Straus, лиофилизированные люминесцентные бактерии «Эколюм» и солоноватоводный рачок *Artemiasalina*. Результат, полученный по этим объектам одновременно, имеет максимальную достоверность.

Токсичность определяется: по изменению оптической плотности тест-культуры – для водорослей; по определению выживаемости – для дафний и артемии; по изменению интенсивности биолюминесценции – для бактерий.

С помощью биотестирования также выявляют степень токсичности или ядовитости вод. Так же на определение этих особенностей вод влияет количество биомассы в данном водоеме.

Токсичность (от лат. *toxicus* «ядовитый»), или ядовитость - токсикометрический показатель, вычисляемый как величина, обратная средней смертельной дозе или средней смертельной концентрации токсичного вещества [26].

Задача этих исследований состоит в определении степени вредного воздействия воды на живые организмы. Как правило, для этих целей используются рачки, водоросли, одноклеточные и другие тест-объекты. Биотестирование предполагает исследование влияния взятой из водоема пробы воды на жизнедеятельность определенных организмов, культивируемых в лаборатории с целью одномоментного определения токсичности. Метод не дает каких-либо длительных прогнозов, в отличие от биоиндикации, он только определяет присутствие токсичности в пробе воды на момент проведения исследования. Однако его точность достаточно высока, так как биотестирование предполагает использование в тестах именно тех тест-объектов, которые живут в данном водоеме, что делает исследование максимально достоверным. Таким образом, главные задачи, которые ставит перед собой биотестирование – это:

- Определить степень токсичности отдельно взятых компонентов, вносимых в водную среду для скрининга и нормирования.
- Выявить наличие неизвестного состава вредоносных веществ для последующего химического исследования.
- Установить источник токсического загрязнения водной среды и оценку их интенсивности.
- Определить степень разведения вод до уровня, при котором они могут считаться безвредными.
- Оценить потенциальную угрозу для водной среды [27].

Один из главных плюсов этого исследования состоит в том, что, поскольку пробы воды берутся из конкретных участков, в которые производятся сбросы, биотестирование позволяет оценить именно локальное состояние вод.

Гидробионты, населяющие водоемы, такие как инфузории, дафнии и прочие являются составной частью экосистемы, а также индикаторами

состояния водной среды и активно реагируют на его изменение в результате техногенной нагрузки. При загрязнении водоёмов наблюдается нарушение отдельных физиологических функций гидробионтов, таких как поведение, двигательная и трофическая активность, снижение темпа роста, увеличение смертности, изменение численности и их биомассы, снижение воспроизводимости, изменение наследственности особей. Вместе с тем, гидробионты являются звеньями единой трофической цепи. Изменение жизненных функций одного из компонентов приводит к нарушению всей трофической системы, в результате чего снижается биоресурсность водоёма, т.е. способность естественного восстановления и функционирования водного объекта в условиях влияния техногенного фактора и в его отсутствии.

Ухудшение или улучшение ресурсного (биологического) потенциала водного объекта выражается в ряде показателей и по их изменению можно косвенно судить о способности водного объекта к самовосстановлению и соответственно улучшению качества вод в нем. К таким показателям относятся токсичность водной среды, объём нарушения трофической цепи, характер воспроизводства звеньев трофической цепи, степень интенсивности нарушения биологической ресурсности.

Согласно стандартной методике определения токсичности критерием токсичности для тест-организма *Chlorellavulgaris* является изменение скорости роста биомассы водоросли: снижение на 20 % и более (ингибирование роста) или увеличение на 30 % и более (стимуляция роста) в опытной среде по сравнению с контрольной средой. По характеру роста данного тест организма Гостевой И.А. предложены критерии биоресурсности водных экосистем, представленные в таблице 1 и 2. На основе максимального индекса токсичности устанавливается интенсивность нарушения звеньев трофической цепи и выводится категория биоресурсного состояния водоема: удовлетворительное, неудовлетворительное, критическое, чрезвычайное.

Таблица 1 – Критерии биоресурсности водных экосистем по угнетению роста тест-культуры *Chlorellavulgaris* (Гостева И.А., 2022)

Биоресурсное состояние водной экосистемы	Степень токсичности водной среды	Объём нарушения трофической цепи	Воспроизводство звеньев трофической цепи	Интенсивность нарушения*, у.е.		
				Низкая	Средняя	Высокая
Удовлетворительное	Допустимая $I < 20 \%$	Практически отсутствует	Естественное	0	0,1	0,2
Неудовлетворительное	Средняя $20 \% \leq I \leq 50 \%$	Ограниченный	Сниженное	0,3	0,4	0,5
Критическое	Высокая $50 \% < I \leq 90 \%$	Значительный	Нарушенное	0,6	0,7	0,8
Чрезвычайное	$90 \% < I \leq 100$	Полный	Отсутствует	0,9	1,0	-

I – максимальный индекс токсичности

*интенсивность нарушения колеблется от 0 до 1 у.е. и определяется величиной индекса токсичности.

Таблица 2 – Критерии биоресурсности водных экосистем по стимуляции роста тест-культуры *Chlorellavulgaris* (Гостева И.А., 2022)

Биоресурсное состояние водной экосистемы	Степень токсичности водной среды	Объём нарушения трофической цепи	Воспроизводство звеньев трофической цепи	Интенсивность нарушения, у.е.		
				Низкая	Средняя	Высокая
Удовлетворительное	Допустимая $I > -30 \%$	Практически отсутствует	Естественное	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3
Неудовлетворительное	Средняя $-60 \% \leq I \leq -30 \%$	Ограниченный	Сниженное	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6
Критическое	Высокая $-90 \% \leq I < -60 \%$	Значительный	Нарушенное	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9
Чрезвычайное	$-100 \% < I < -90 \%$	Полный	Отсутствует	0,9-1,0	-	-

*интенсивность нарушения колеблется от 0 до 1 у.е. и определяется величиной индекса токсичности.

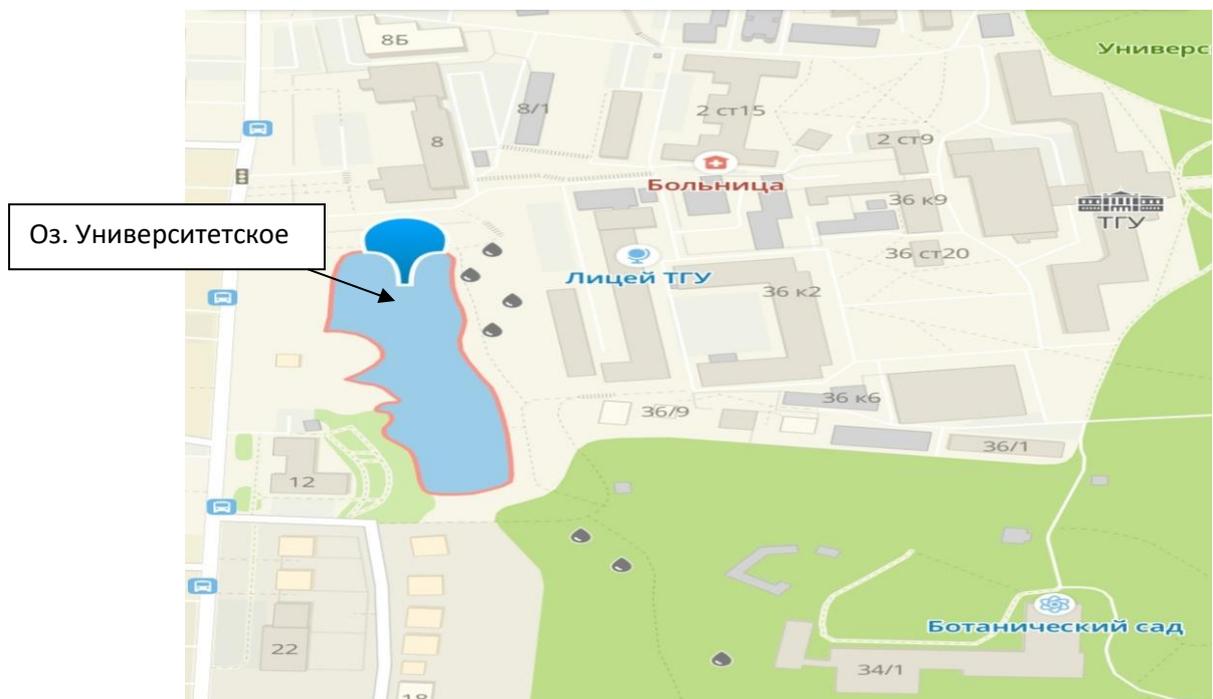
I – максимальный индекс токсичности

5.Объекты исследования

Оценка безопасности вод водоемов г. Томска и Томского района проведена на примере изучения химического состава и токсичности вод озер городской и сельской территорий с различной формой естественной и антропогенной нагрузки.

В основу работы положены данные исследования вод 3-х озер Университетское, Губинское, Позднеевское, проведенные в период 2021 -2022 г. сотрудниками Проблемной научно-исследовательской лабораторией гидрогеохимии ИШПР ТПУ. Всего исследовано 12 проб, из них 10 воды и 2 снега. Озера располагаются в пределах селитебной (Университетское) и сельскохозяйственной территорий (Позднеевское, Губинское) и активно используются населением в рекреационных целях (купание, рыбная ловля, экскурсионные мероприятия и пр.)

Озеро Университетское располагается в черте г. Томска в его юго – восточной части. Схема его расположения представлена на рисунке 11.



**Рис.11.Схема расположения озера Университетское
[Google карта]**

На северном берегу водоема стоит четвертый корпус Томского государственного университета (ТГУ).

Водоем частично расположен в охранной зоне Сибирского ботанического сада, который является особо охраняемой природной территорией областного значения. Длина озера составляет 200м, средняя ширина 50м, средняя глубина 1,7м, максимальная глубина не превышает 2,2м, объем озера 19тыс.м³. Фотоматериал с изображением озера представлен на рисунке 12.

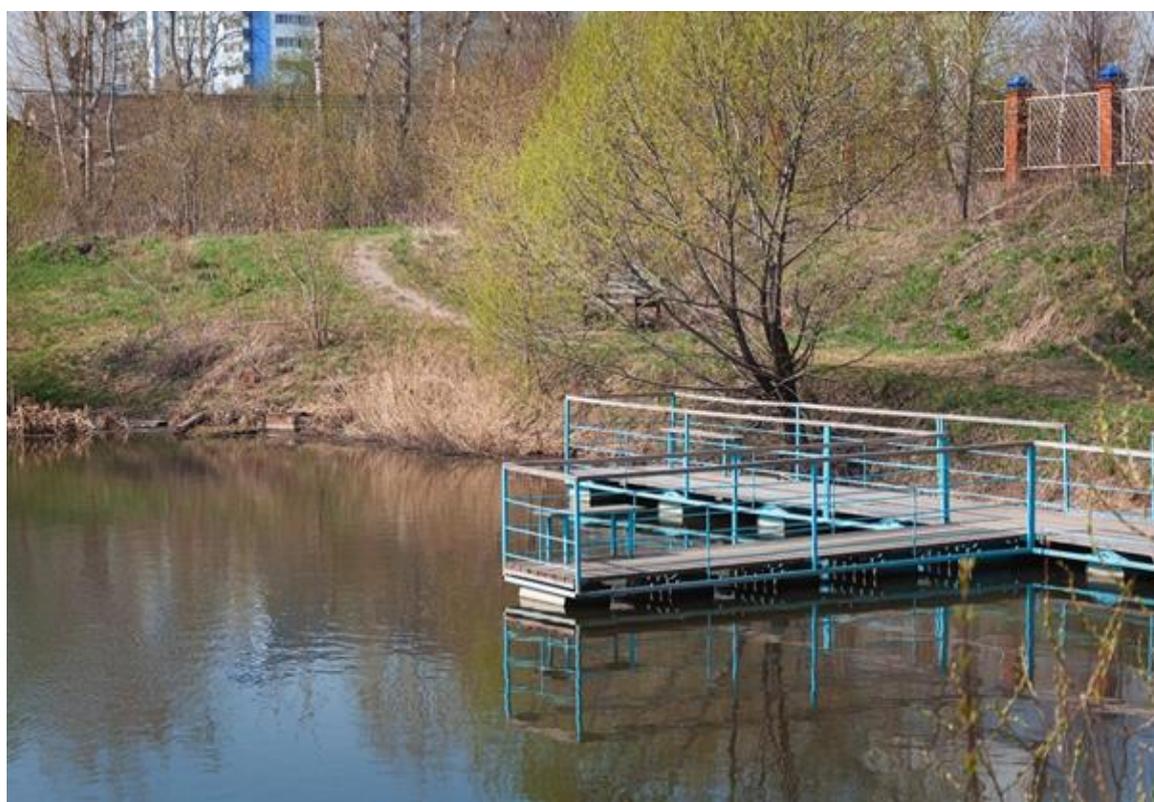


Рис. 12. Озеро Университетское

Университетское озеро, входит в программу воспроизводства и использования природных ресурсов в городе Томске и Томской области, предусматривающую ряд мероприятий по возрождению томских озер [28]. В 2010 году, в рамках программы по восстановлению водоемов, озеро было очищено, со дна водоема вычерпан мусор и верхний слой ила, ликвидирована водная растительность [29]. В качестве второго этапа этой программы

студенты многих подразделений ТГУ (биологический институт, профсоюзная организация студентов, российско-немецкое молодежное объединение «Jugendblick») ежегодно устраивают субботники для поддержания программы по рекультивации озера. В акциях каждый год участвуют около 200 студентов. Они очищают берега озера, вырубают сухостой. В 2014–2015 гг. на берегу озера были восстановлены исторические родники, питающие водоем: Философ, Дионисий, Олесин ключ, ключ Святой Анны [30].

Было произведено зарыбление водоема. Сейчас на озере водятся озерные лягушки (данный вид занесен в Красную книгу[31]), в летнее время живут утки. Около озера установлены несколько лавочек и беседка, но они не помогают водоему выполнять функцию рекреационной зоны. Университетское озеро признано загрязненным, однако при этом водоем имеет важное культурно-историческое и рекреационное значение для города. Изучение истории городских водоемов, поддержание их природного состояния, а также своевременная экологическая реабилитация позволит озеру как можно дольше выполнять свои экологические и рекреационные функции и расширять туристический потенциал региона.

Озеро в с. Позднеево находится на восточной границе г. Томска. Схема расположения озера представлена на рисунках 13 и 14.

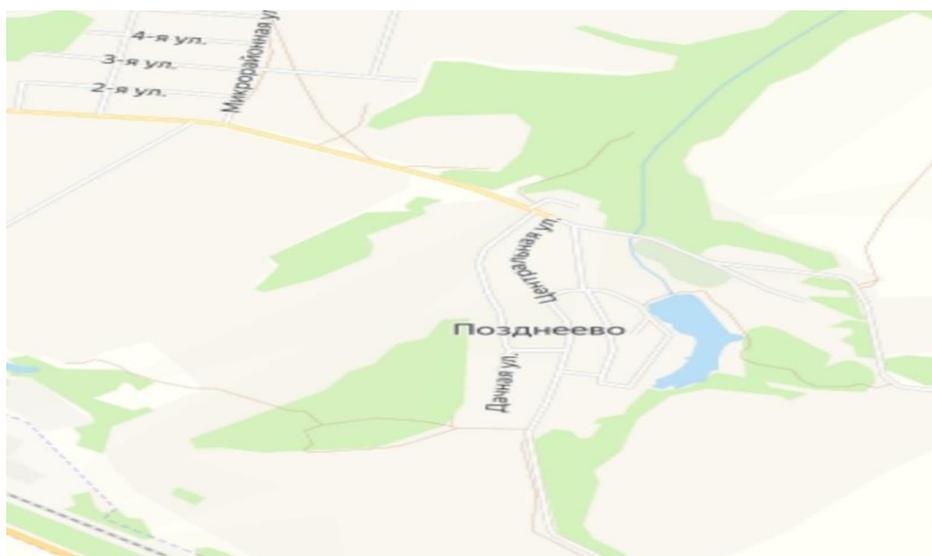


Рис.13.Схема расположения озера в с.Позднеево [Googleкарты]

Вдоль своей северной плотины ширина озера составляет чуть более 100 метров ширина в южной оконечности составляет чуть более 90 метров. Длина озера доходит до 450 метров. Общая площадь водного зеркала водоёма составляет порядка 40 000 кв.м. Наибольшие глубины южнее плотины составляют до 5-7 метров.

Озеро в с. Позднеево представляет собой пруд-накопитель (искусственный водоём), сформированный плотиной-запрудой и собирающий вешние воды с полей в черте деревни Позднеево. Пруд был построен в конце XIX века, в 1880-х гг. Его наличие фиксируется в справочниках населённых мест Сибири с самого начала XX века. Озеро имеет форму вытянутой к югу жирной правой фигурной скобки (}) [32].



Рис.14 Снимок территории озера в с.Позднеево [Googleкарты]

С западной стороны к озеру подходят улицы Озёрная и Рябиновая. Восточный берег с севера представляет собой поле-пустырь перед хозяйственными постройками, с середины и до юга — лес-кедровник.

С южной стороны озера находятся обрабатываемые поля сельскохозяйственного назначения, с которых в советское время несколько раз происходило химическое (удобрения полей) загрязнение водоёма. В последние двадцать лет экологическая ситуация улучшилась, озеро практически восстановилось и вошло в состояние природного водоёма[32].

Пруд образован в лощине на безымянном сезонном ручье, исток которого начинается малым родником восточнее Богашёвского тракта в месте напротив посёлка Апрель.

Исток из пруда, практически полностью пересыхающий в июне, стремится к слиянию с севернее имеющимися родниками, которые формируют начало маленькой речки *Трубачёвский ручей*, являющейся далее левым притоком речки *Каличкиной*(которая через 340 метров далее является правым притоком реки *Ушайки*) на территории посёлка Мирный[32].

Пруд зарыблен, рыбаки ловят здесь типичных для юга Томской области: щук, гольянов, ельцов, ершей, форель, язей и окуньков.

Озеро в селе Губино – большой искусственный пруд - «Губинское озеро».Водоем создан при построении плотины на реке - ручье Малый Куртук.

Губино - деревня в Томском районе Томской области. Входит в состав Моряковского сельского поселения и находится в 14 км от него и в 12 км от г. Томска. В деревне расположено ОАО «Губинское масло», производящее подсолнечное масло, халву, семечки, козинаки и другую продукцию. Озеро является приемником сточных вод молочного комбината «Томское молочко». Схема расположения озера в с. Губино представлена на рисунке 15.

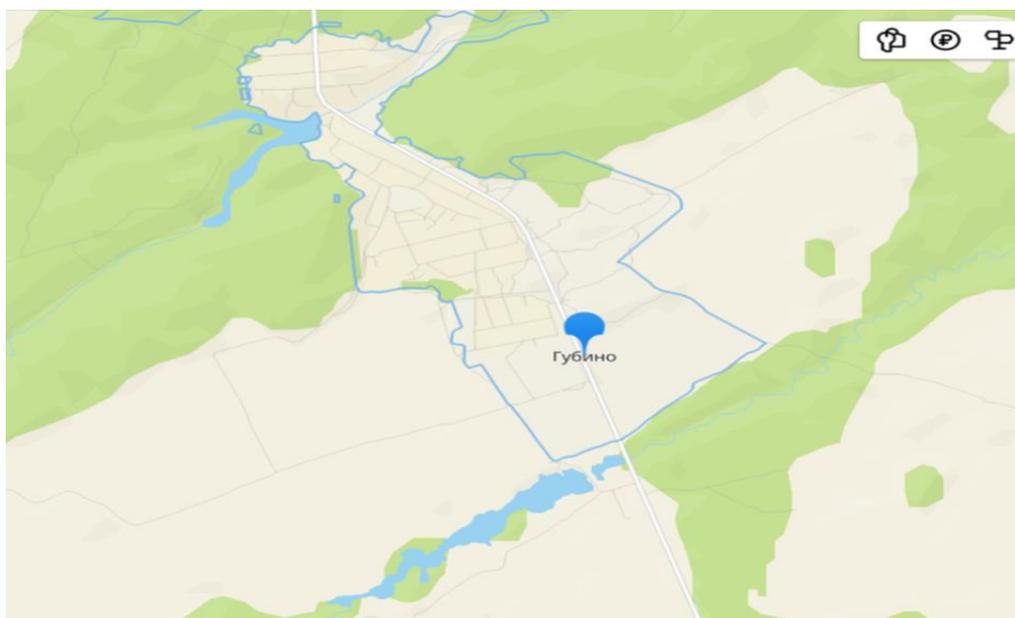


Рис.15. Схема расположения озера в с. Губино[Googleкарты]

В озере Губинское водится карп, белый амур. Рядом с озером Губино расположен кедровый лес. (рисунок 16)



Рис.16. Кедровый лес и озеро в деревне Губино [33]

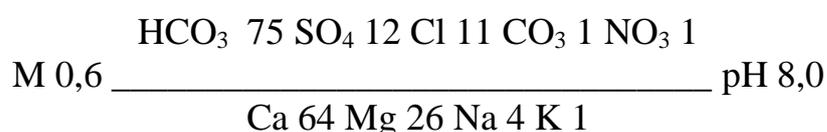
6. Химический состав вод озер

Исследования химического состава вод изучаемых озер и оценка их современного состояния проводились в летне-осенний периоды 2021-2022 годов. Содержание основных макрокомпонентов, биогенных веществ и обобщенных параметров вод представлено в таблице 3.

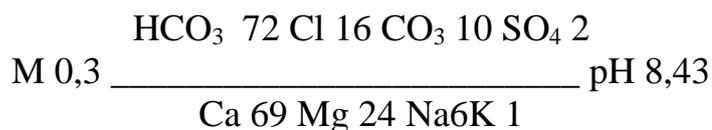
Согласно данным таблицы 3, по классификации О.А. Алекина [34] воды исследуемых озер относятся к пресным и имеют гидрокарбонатный кальциевый состав. Минерализация вод колеблется в пределах от 673 до 779 мг/л. Ее минимальная величина отмечена в водах озера Позднеевское, наибольшая в водах озера Университетское. По величине рН воды озера Университетское слабощелочные, Позднеевского щелочные, а воды озера Губинское нейтральные. По степени общей жесткости воды озер Позднеево и Губино мягкие (3,0 мг-экв/л), а в озере Университетское жесткие (7,0 мг-экв/л).

Анионный состав вод характеризуется преобладанием гидрокарбонат – иона, а катионный иона кальция. Этот факт может указывать на преобладание подземного типа питания озер, так как отмеченный тип характерен для природных подземных вод Томского района и г. Томска, в частности. Особенности ионно - солевого состава вод озер представлены формулой солевого состава:

Озеро Университетское



Озеро Позднеевское



Озеро Губинское

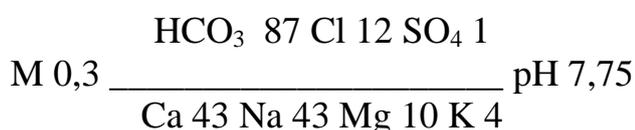


Таблица 3 - Химический состав вод озер

Название озера	pH	УЭП	М	CO ₂	CO ₃ ²⁻	HCO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl-	О.ж.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ^{общ}	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	П.ок.
Единица измерения	ед.pH	mS/cm	мг/л						мг-экв/л	мг/л								
ПДК	6-9	2,5	1000-1500				500	350	7-10			200		0,3	2,5	3,0	45	5-7
СС*	7,4		420	31		313	0,37	5,3	3,5	66	15	14	1,24	0,68	0,65	0,011	0,025	
Университетское	8,02	644	685	<3,0	4,8	410	50	35	7,0	112	17	39	5,1	0,57	0,89	0,15	3,36	5,0
Позднеевское	8,43	251	243	<3,0	21	160	2,4	18	3,0	43	9,8	2,8	0,7	0,6	0,5	<0,02	<0,02	5,5
Губинское	7,75	390	315	7,0	<2,0	210	3,0	17	2,0	33	5	39	6,0	1,4	3,44	<0,02	<0,1	33

УЭП – удельная электрическая проводимость, М – минерализация, О.ж. – общая жесткость, П.ок. – перманганатная окисляемость;

*Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., испр. и дополн. – М.: Недра, 1998 – 366 с.

М – минерализация; П.ок. – перманганатная окисляемость; УЭП – удельная электропроводность; О.ж. – общая жесткость.

Таблица 4 - Элементный состав вод озер

Название озера	Li	B	Al	Si	Zn	Sr	Ba	Mn	Cr	As	Rb
	мг/дм ³										
Университетское	0,012	0,09	0,044	9,21	0,0035	0,40	0,15	0,41	0,03	0,0011	0,0016
Позднеевское	0,0008	0,02	0,065	0,47	0,0003	0,19	0,025	0,02	0,001	0,0013	0,0005
Губинское	0,001	0,03	0,017	2,71	0,009	0,09	0,029	0,58	0,001	0,0022	0,016
ПДК	0,03	0,5	0,5	20	5,0	7,0	0,1	0,1	0,5	0,5	0,1

Присутствие в водах исследуемых озер соединений группы азота (а в водах оз. Университетское всей триады) и величина перманганатной окисляемости указывают на наличие в водах органического вещества и протекания реакций его разложения.

В водах всех озер отмечено высокое количество железа от 0,6 до 1,4 мг/л, что указывает на составляющую подземного питания вод озер.

Микроэлементный состав вод исследуемых водоемов представлен в таблице 4. Из элементов в значимых количествах присутствуют литий, бор, кремний, цинк, стронций, барий, марганец, рубидий. Но превышений предельно допустимых значений не отмечается. За исключением содержания марганца, количество которого в озерах Университетское и Губинское превышает ПДК в 4 и 6 раз соответственно. Этот факт свидетельствует о присутствии в источниках питания озер подземной составляющей.

6.Токсичность и биоресурсность вод озер

Определение токсичности вод озёр проводилась на основе оценки параметра острой токсичности по реакции тест-организма одноклеточной водоросли *Chlorellavulgaris*. Исследование проводилось после разбавления вод в ряд кратный трем согласно методике. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты определения токсичности вод озер

Дата проведения эксперимента	Место отбора пробы	Индекс токсичности, %					БКР	Токсичность вод
		Разведение, раз						
		81	27	9	3	1		
Озеро Позднеевское								
08.06.2021	правый берег	-4,42	3,35	5,64	-10,06	51,68	1,2	Слабо-токсичная
09.06.2021	у дренажной трубы	-3,82	-0,15	-9,17	-5,96	62,23	1,9	Слабо-токсичная
05.10.2021	правый берег	11,9	17,13	23,08	4,35	49,49	5,3	Токсичная
15.06.2022	правый берег	-6,93	-2,7	9,8	-16,72	49,49	1,6	Слабо-токсичная
06.07.2022	у дренажной трубы	5,32	19,11	38,36	7,47	63,22	11	Токсичная
29.03.2022	Снег (правый берег)	9,22	16,63	-2	-2,61	-19,84	1	Нетоксичная
30.03.2022	Снег (у дренажной трубы)	7,84	15,15	9,63	8,73	1,25	1	Нетоксичная
Озеро Губинское								
16.06.2021	чистое место	-13,2	-34,1	-23,6	-33,6	-52,3	8,9	Сильно-токсичная
17.06.2021	грязное место	3,7	-4,6	-9,74	-12,8	4,17	0,2	Нетоксичная
Озеро Университетское								
12.10.2021	у пирса	14,24	19,64	-13,9	14,08	47,79	1,9	Слабо-токсичная
26.04.2022	у пирса	9,34	15,04	7,74	34,89	49,64	21,5	Средне-токсичная
05.07.2022	у пирса	16,81	10,14	15,8	29,71	35,36	6,1	Средне-токсичная

Анализ полученных данных показал, что воды всех исследованных озер проявляют токсичность, но в различной степени. И это состояние вод проявляется в различные периоды наблюдения, как в 2021г., так и в 2022г., независимо от сезона года. Так, при разбавлении вод озера д. Позднеево в 3, 9, 27 и 81 раз наблюдается незначительная стимуляция роста водоросли, оптическая плотность *Chlorellavulgaris* в данных разведениях достоверно не отличается от контрольных значений ($P > 0,05$). Индекс токсичности исходной пробы колеблется в пределах 49 – 63 % при безвредной кратности разбавления (БКР) равной 1. Вода озера, согласно стандартной методики, является слаботоксичной. Снеготалая вода из озера Позднеевского во всех пунктах наблюдения является не токсичной.

Вода озера в деревне Губино в исходной пробе и во всех изученных разведениях оказывает стимулирующее действие на хлореллу и является средне – и сильно токсичной. Индекс токсичности в разбавлениях в 3, 9 и 27 раз превышает критерий токсичности и достигает 50 % при БКР от 6 до 21 раза.

Аналогичная картина характерна для вод озера Университетского. В исходной пробе и во всех изученных разведениях вода оказывает стимулирующее действие на хлореллу и является сильно токсичной. Индекс токсичности в разбавлениях в 3,9 и 27 раз превышает критерий токсичности на 3,6 – 22,3 %. БКР равна 9. Исходя из величины индекса токсичности, варьирующего от 35 до 50%, воды озера Университетское являются среднетоксичными.

Проследив за характером зависимости токсичности вод от коэффициента их разбавления, представленном на рисунках 17, 18, 19 видим, что токсичность вод озера Университетского снижается только после разбавления вод в 9 раз, озера Позднеевского в 3 раза, а озера Губинского в 81 раз.

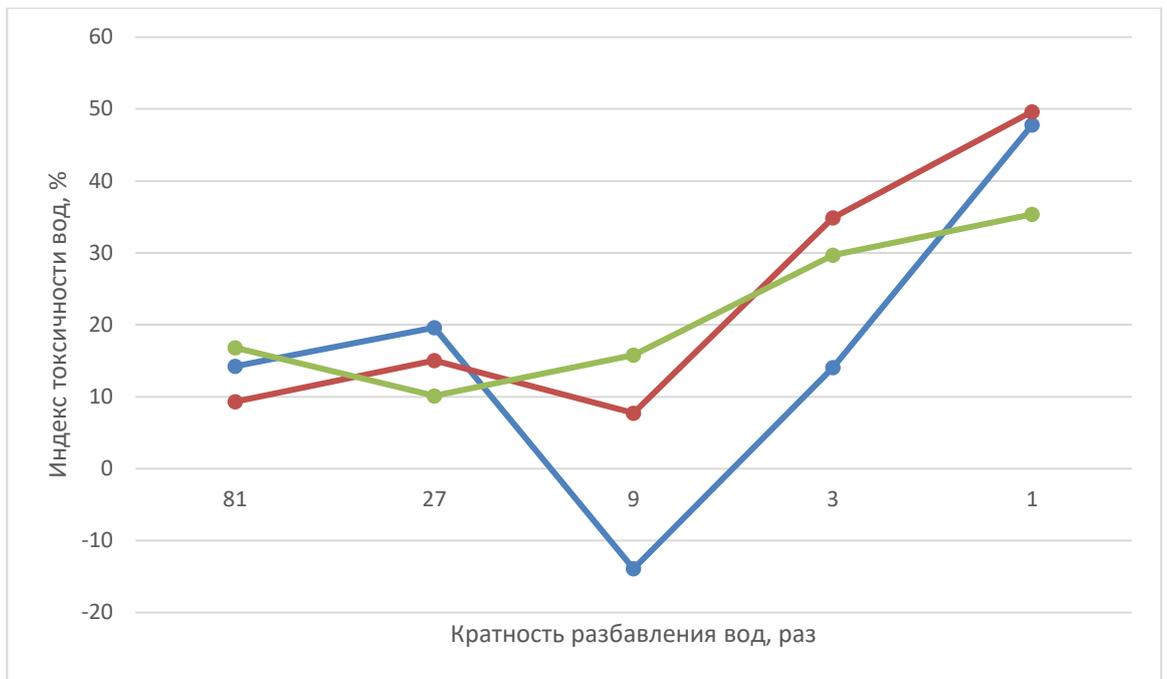


Рис.17. Зависимость токсичности вод озера Университетское от кратности разбавления вод

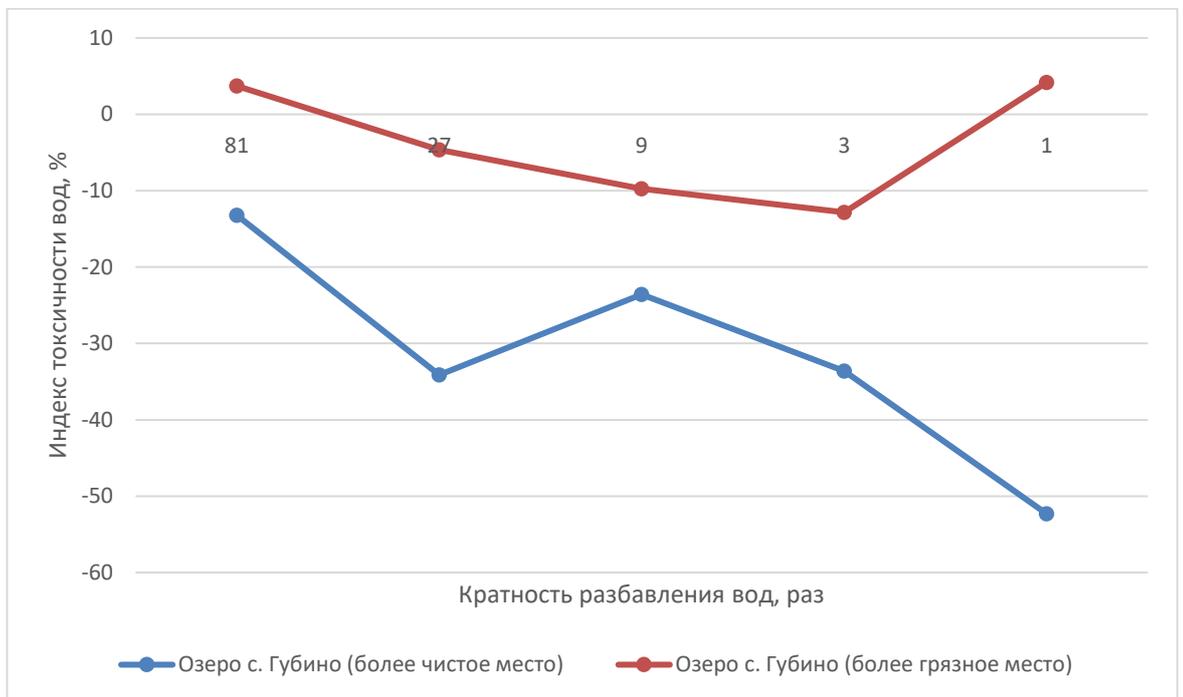


Рис. 18. Зависимость токсичности вод озера Губинское от кратности разбавления вод

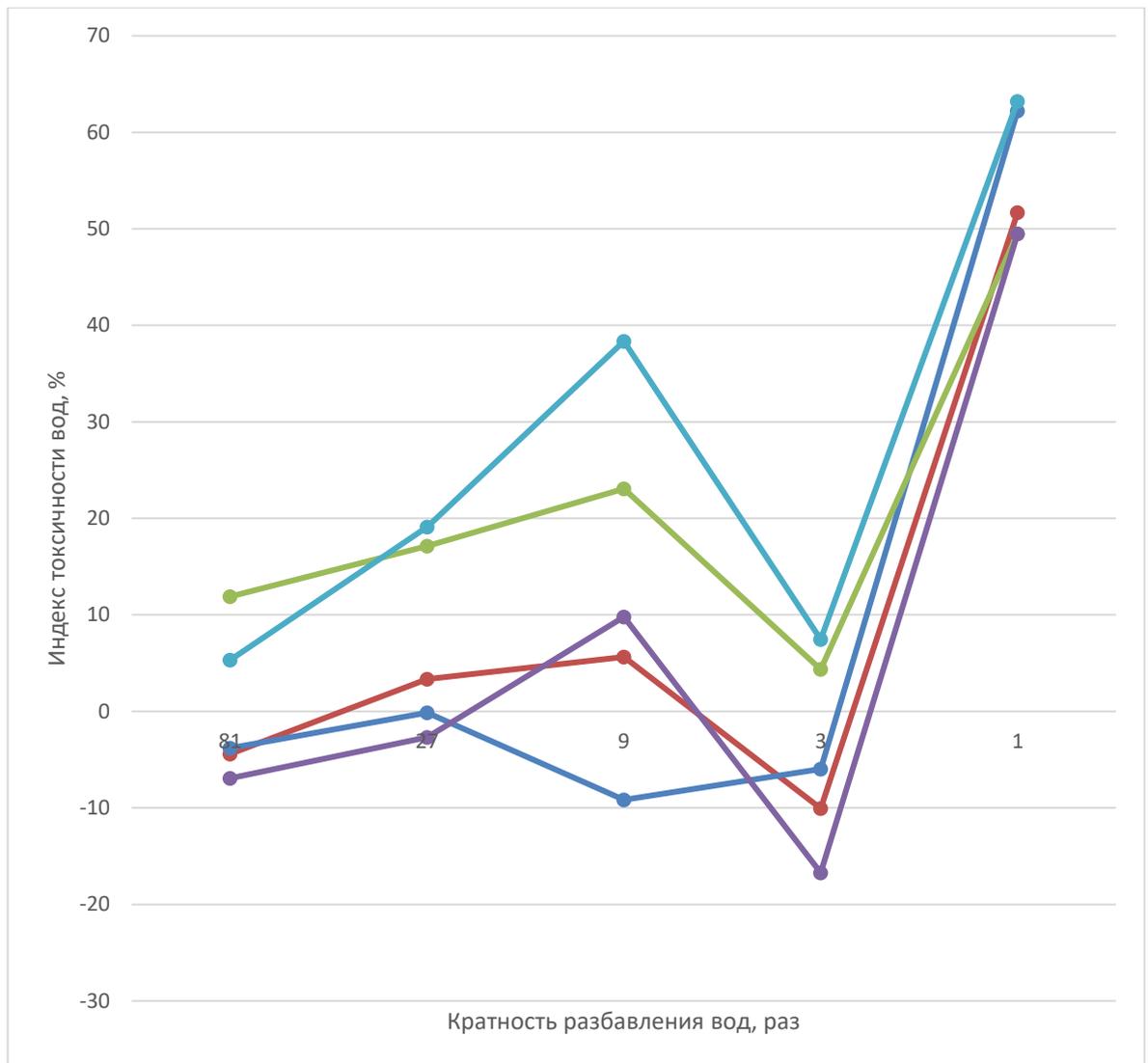


Рис. 19. Зависимость токсичности вод озера Позднеевское от кратности разбавления вод

Используя данные по токсичности вод исследуемых озер, приведенных в таблице 5, и проведя их сопоставление с критерием токсичности [Гостева И.А.] установили, что биоресурсное состояние вод водоемов преимущественно неудовлетворительное, о чем свидетельствуют данные таблицы 6. Определение острой токсичности вод озёр проводилась после их разбавления в ряд кратный трем согласно методике [35].

Полученные данные индекса токсичности и его зависимость от величины разбавления представлены на рисунке 18. Здесь видно, что при

разбавлении вод оз. Позднеево в 3, 9, 27 и 81 раз величина индекса токсичности практически не меняется и находится в области отрицательных величин, не превышающих 10 %, что обусловлено незначительной стимуляцией роста водоросли.

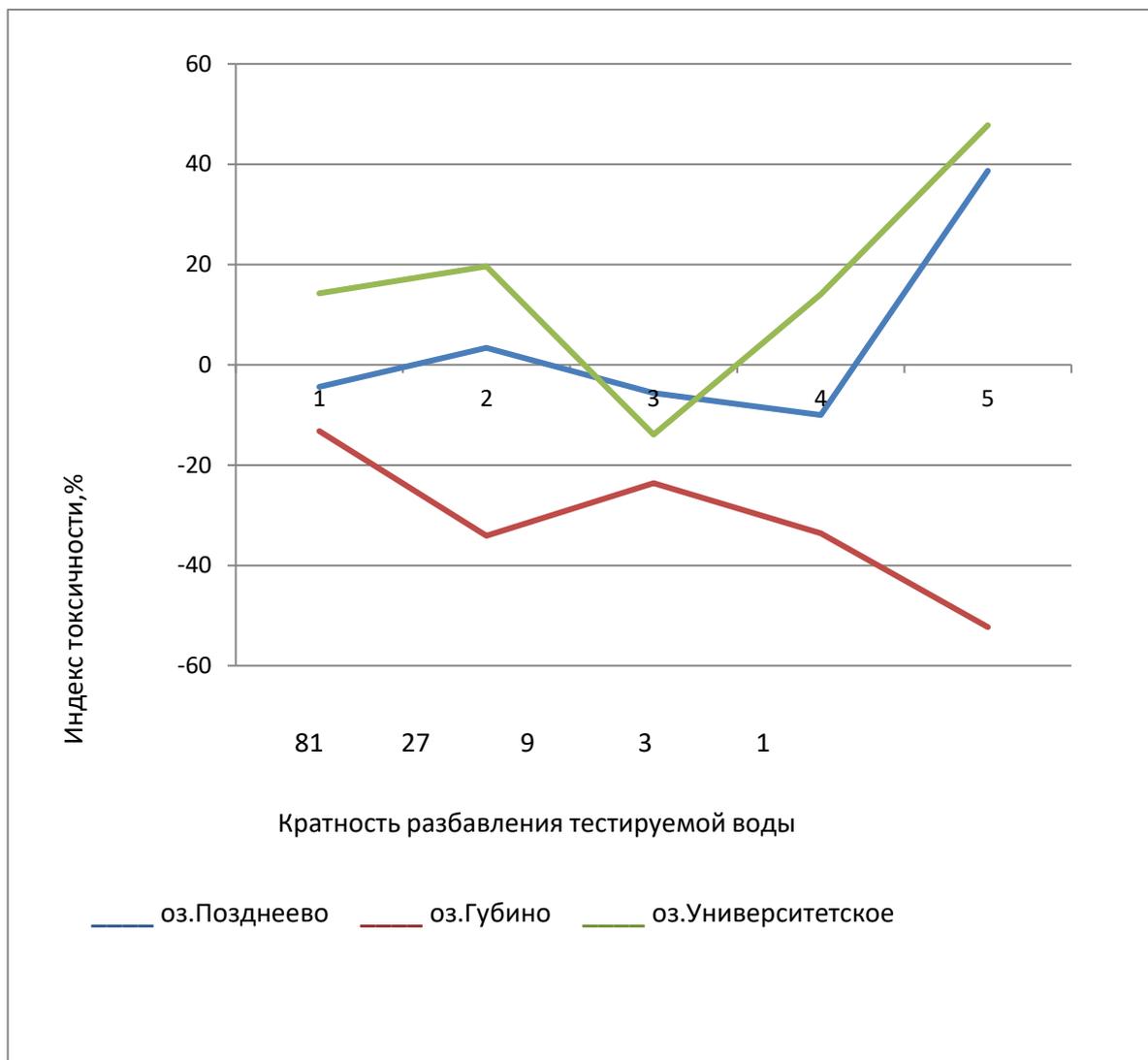


Рис.20. Сравнение динамики изменения индекса токсичности вод озёр д. Позднеево, д. Губино и оз.Университетское

При этом индекс I исходной пробы равен $38,7 \pm 1,6$ %, что практически в 2 раза превышает критерий токсичности, составляющий 20 %, а воды озера являются **слаботоксичными**, БКР составляет 1,29 единиц.

Таблица 6 - Биоресурсность вод озер

Название озера	Степень токсичности вод I, %	Объем нарушения трофической цепи	Воспроизводство звеньев трофической цепи	Интенсивность нарушения трофической цепи, у.е.	Биоресурсное состояние водоема
Университетское	35-50 (средняя)	Не значительный	Сниженное	0,4 (средняя)	Неудовлетворительное
Позднеевское	50-63 (высокая)	Значительный	Нарушенное	0,7 (средняя)	Критическое
Губинское	-52 (средняя)	Не значительный	Сниженное	0,5 (средняя)	Неудовлетворительное
	4 (допустимая)	Практически отсутствует	Естественное	0,04 (низкая)	Удовлетворительное

Воды оз. Губино являются **токсичными**, так как критерий индекса токсичности, составляющий минус 30 % [35], превышен при разведении в 27 раз. В исходной пробе $I = -52,3 \pm 0,4$ %. Кратность разведения равна 8,9.

Касательно вод оз. Университетское можно сказать, что при разбавлении вод в 3, 9, 27 и 81 раз величина индекса токсичности изменяется и находится в области индекса токсичности 14,24% при кратности разведения 81. Воды оз. Университетское приравниваются к **слаботоксичным**. Уровень БКР составляет 1,88 единиц.

Как видно из таблицы 6 биоресурсное состояние озера Позднеевского критическое, интенсивность нарушения водоема высокая.

Биоресурсное состояние озера Губинского критическое, интенсивность нарушения водоема высокая. Однако в образце, отобранного на более загрязненном участке озера вода является не токсичной для данного тест-организма. Видимо хлорелла чувствует себя наиболее комфортно в водах данного состава с поступлением питательных веществ в виде молочных продуктов.

Что касается озера Университетского, то здесь наблюдается незначительный объем нарушения трофической цепи, однако воспроизводство звеньев ее сниженное. Состояние водоема является неудовлетворительным, а интенсивность нарушения биологических ресурсов средняя.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что ресурс у водоемов к самовосстановлению невысокий.

7 Безопасность вод озер

Оценка состояния рекреационных водоемов и зон рекреации на водных объектах в условиях антропогенной нагрузки проводилась в соответствии с требованиями нормативного документа ГОСТ 17.1.5.02-80 «Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов» [36] и СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [37]. Согласно требований этих документов, качество воды оценивается с учетом следующих показателей: содержания взвешенных веществ, температуры, запаха, цветности, плавающих примесей, величины рН, содержания растворенного кислорода, биологического и химического потребления кислорода, хлоридов (Cl^-), сульфатов (SO_4^{2-}), других химических соединений и веществ и микробиологических показателей.

Поскольку подавляющее большинство водных видов отдыха (купание, подводное плавание, рыбная ловля и т.п.) связано с непосредственным контактом с водной средой, то при оценке пригодности водоемов для отдыха важную роль играет оценка токсичности вод и соответственно безопасности водоема.

Из данных таблицы 3 видно, что превышений допустимых нормативных значений по основным макрокомпонентам не отмечено. Имеются высокие содержания сульфат- и хлорид-иона в озере Университетском, но это в 10 раз ниже установленных ПДК. Превышение норм ПДК в водах всех исследуемых водоемов установлено для марганца и железа, что связано с подземным типом питания вод озер.

Однако в водах наблюдается присутствие иона аммония, что указывает на загрязнение вод органическим веществом, поступающим в воды в настоящее время. На данный факт указывает и величина перманганатной окисляемости, установленная на границе предельно-допустимых содержаний.

По результатам исследований токсичности вод водоемов показано, что все исследуемые озера имеют среднюю или высокую степень токсичности. Вместе с тем и показатель антропогенной нагрузки (ПАН) установлен на уровне 9 единиц, т.е. токсичность вод может быть снижена после ее разбавления в 9 раз. И только в этом случае использование вод в рекреационных целях будет безопасным. При современном состоянии озер Университетское и Позднеевское купание в данных водоемах является риском для здоровья и может послужить причиной заражения инфекциями заболеваниями.

Так же следует заметить, что водоемы с ярко выраженной эвтрофикацией, что наблюдается на озерах Позднеевском и Губинском, и неблагоприятным санитарным состоянием становятся источниками различных инфекционных заболеваний. В связи с этим водоемы со временем теряют свои эстетические свойства, а также рискуют стать совершенно безжизненными, так как флора и фауна этих водоемов находится под угрозой исчезновения из-за степени загрязнения и уровня токсичности.



Рис. 21. Очистка природного водоема от антропогенных загрязнений

[38]

8. Социальная ответственность

Социальная ответственность – это корпоративная ответственность, которую несет организация перед коллективом за принятые решения, это обязанность перед людьми, когда организация должна предусматривать интерес коллектива, возлагая на себя обязанность за воздействие их работы на клиентов и сотрудников. В данном разделе магистерской диссертации рассматриваются основные вопросы выполнения требований безопасности и гигиены труда, промышленной безопасности, а также вопросы охраны окружающей среды и ресурсосбережения. В соответствии с международным стандартом ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации. Требования» [39].

Еще в глубоком прошлом существовала благотворительность, которую и можно считать одним из первых проявлений социальной ответственности. В эпоху глобализации человечество столкнулось с огромным количеством проблем: глобальное потепление, таяние ледников, загрязнение воды, почвы и воздуха, истощение ресурсов, исчезновение многочисленных видов животных и растений, засухи, наводнения, ураганы и многие другие явления создают угрозу существованию самой жизни на Земле. Справиться с ними можно лишь общими усилиями, путем международного сотрудничества. В связи с этим ООН в 1986 году была создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию. Она предложила концепцию устойчивого развития, согласно которой «удовлетворение потребностей нынешнего поколения должно происходить без ущерба для будущих поколений». Это позволило сформировать «концепцию корпоративной социальной ответственности», которая означает этичную и открытую деятельность, способствующую устойчивому развитию и учитывающую интересы заинтересованных сторон. Само понятие корпоративной социальной ответственности возникло в середине XX века в США. В то время в экономически развитых странах активизировались общественные и профсоюзные движения, многие потребители стали отказываться от товаров и услуг безответственных

организаций, происходило ужесточение экологического и трудового законодательства. В 2010 году был создан международный стандарт ISO 26000, который раскрывает понятие корпоративной социальной ответственности и дает возможность управления ею, устанавливая общие принципы деятельности для решения конкретных проблем. Согласно определению, данному в ISO 26000, «социальная ответственность — это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества; учитывает ожидания заинтересованных сторон; соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения; введено во всех организациях». В 1999 году в Давосе на Всемирном экономическом форуме Кофи Аннан выдвинул идею создания Глобального договора – инициативы, которая позволила бы получить поддержку компаниям в разработке и внедрении принципов КСО (концепция социальной ответственности) в области не только прав человека, трудовых отношений и противодействия коррупции, но и в отношении охраны окружающей среды [40].

Одной из главных угроз обществу является глобальный водный кризис. При этом выращивание хлопка, окраска тканей и, что не менее важно, стирка вещей потребителями оказывают влияние на истощение водных ресурсов. Большая часть водных ресурсов используется во время производства тканей. Многие предприятия постепенно переходят на водосберегающие технологии, что помогает сократить расходы производства. В 2015 году 37% помещений компании установили водосберегающее оборудование по сравнению с 19% в 2013 году. Некоторые предприятия также оборудованы устройствами по сбору дождевой воды. Глобализация привела к усилению роли транснациональных корпораций (ТНК) в качестве нового участника международных отношений. Они ведут деятельность в различных государствах одновременно, имеют огромные обороты и влияют на жизнь населения по всему миру. Но, многие

компании показали себя безразличными к глобальным проблемам и стремятся лишь к собственной выгоде. Однако концепция корпоративной социальной ответственности призвана изменить подобное отношение бизнеса к обществу и природе, сделать так, чтобы экономические цели предприятий не мешали им приносить пользу [40].

Целью составления данного раздела является принятие решений, направленных на: соблюдение трудовых и социальных прав работников предприятия; исключение несчастных случаев на производстве; защиту жизни, здоровья и имущества потребителей продукции или услуг организации; снижение вредных воздействий антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Настоящая магистерская работа содержит информацию об антропогенном воздействии и экологическом состоянии поверхностных вод озер города Томска и прилегающих территорий. Так же данная магистерская работа содержит информацию о качестве поверхностных вод, степени их токсичности и способности к самовосстановлению.

Воды исследованных озер являются основным рекреационным источником для населения данной территории, используемой для различных целей (рекреационные, сельскохозяйственные и другие). Поэтому оценка токсикологического и биоресурсного состояния поверхностных вод очень важна, учитывая воздействие на эти объекты антропогенной нагрузки.

Данная работа может быть применена инженерами-экологами для определения степени токсичности вод озер и возможности внедрения этих результатов для оценки ресурса водоемов к самовосстановлению и как следствие, развитие услуг по использованию вод озер и прилегающих к ним территорий в рекреационных и туристских целях.

8.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Согласно Конституции Российской Федерации, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на оплату труда без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы [41]. Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом РФ [42]. Налоговый кодекс РФ [43] устанавливает систему налогов и сборов на территории Российской Федерации. Права и обязанности работника в ходе проведения специальной оценки условий труда устанавливаются в статье 5 главы 1 Федерального закона Российской Федерации № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. [44].

8.2. Режим труда и отдыха при работе с компьютером

При работе с персональным компьютером (ПК) в среднем по истечению 2 часов у человека появляется утомление. Для предотвращения последующего ухудшения самочувствия и зрения пользователя, а так же снижения его общей активности и работоспособности необходимо соблюдать режим труда и отдыха.

Для рабочей смены длительностью 8 ч. определены следующие режимы перерывов (исходя из категории работы): спустя 2 часа после начала работы и через 2 часа после обеденного перерыва – по 15 минут; через 2 часа от начала работы и через 1,5 – 2 часа после обеденного перерыва – по 15 минут.

Также необходима организация регламентированных перерывов меньшей длительности, во время которых можно осуществлять различные физические упражнения и гимнастику для глаз.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя (требования к организации рабочих мест пользователей

персонального компьютера). Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 [45] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [46] при организации рабочего места пользователя персонального компьютера (ПК) необходимо соблюдение следующих правил:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами не должно быть менее 2 м в направлении тыльной стороны монитора, и не менее 1,2 м между боковыми сторонами мониторов;
- минимальное расстояние от монитора до глаз пользователя должно составлять не менее 600-700 мм, при определенном размере шрифта допустимо расстояние в 500 мм;
- конструкция рабочего стула выбирается исходя из роста пользователя, продолжительности работы и должна способствовать естественному движению пользователя, не производя дополнительной нагрузки на мышцы спины и шейно-плечевой области. Кроме того, рабочий стул (кресло) должно иметь поворотный-подъемный механизм и возможность регулировки по высоте, углам наклона сидений и спинки, при этом должна обеспечиваться надежная фиксация стула;
- рабочее место должно располагаться таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно с левой стороны;
- окна в помещениях с ПК должны быть оснащены регулирующими устройствами (жалюзи, занавески, внешние козырьки и т. д.);
- при выполнении творческой работы с применением ПК рабочие места необходимо изолировать друг от друга с помощью перегородок высотой от 1,5 до 2,0 м;
- монитор, клавиатура и корпус ПК должны размещаться прямо перед пользователем, при этом не допускаются повороты головы или корпуса тела;
- высота рабочего стола и посадочного места должна быть такой, чтобы центр монитора находился чуть выше уровня глаз пользователя;
- минимальное пространство для ног должно быть высотой 600 мм, шириной 500 мм, глубиной 450 мм. При этом предусматривается подставка для ног

работающего шириной не менее 300 мм с функцией регулировки угла наклона. Ноги при этом должны сгибаться под прямым углом.

8.3. Производственная безопасность

Опасная степень производственного спроса – фактор производственной прибыли, распределение воздействия разделения которого приводит к различным травмами связаны с резким здоровья сотрудника.

Антропогенное воздействие предприятий и сельскохозяйственных отходов имеют антиэкологические последствия, что обуславливает резкое уменьшение биологического разнообразия водоемов в результате механического и химического воздействия на них. Изменяется химический состав воды, уровень минеральных веществ, активность организмов, обитающих в данных водах, изменяется элементный состав вод, в результате чего повышается индекс токсичности. В следствие этого возрастает отрицательное влияние на здоровье населения, проживающего на данной территории.

В данной главе рассматриваются и анализируются вредные и опасные факторы производственной деятельности, показанные в таблице 7, возникающие в ходе обработки результатов токсикологических исследований в лаборатории с использованием специального оборудования.

К основным вредным факторам при работе в лабораторных условиях относятся:

- отклонение показателей микроклимата (пониженная влажность воздуха, низкая скорость движения воздуха и др.);
- превышение уровня шума;
- низкая освещённость рабочей зоны;
- превышение уровней электромагнитных излучений;
- запыленность.

Таблица 7 – Опасные и вредные факторы при проведении работ в лаборатории

№	Факторы (ГОСТ12.0.003-2015) [48]	Нормативные документы
Вредные факторы		
1	Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96[47] Р 2.2.2006-05 [48]
2	Превышение уровня шума	ГОСТ 12.1.003-2014[49]
3	Недостаточная освещённость рабочей зоны	СНиП 23-05-95 [50] ГОСТ Р 55710-2013[51]
4	Монотонный режим работы	Р 2.2.2006-05 [48]
Опасные факторы		
1	Электрический ток	ГОСТ 12.1.030-81[52] ГОСТ 12.1.038-82[53] ГОСТ 12.1.019-2017[54]
2	Пожарная опасность	НПБ 105-03 [55] ГОСТ 12.4.009-83[56] ГОСТ 12.1.004-91[57]

8.4. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат рабочего помещения основывается на следующих показателях:

- температура воздуха и поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

К источникам, формирующим параметры микроклимата, относятся:

- отопительная система;
- система вентиляции и др.

Отклонение от норм показателей может привести к высокой утомляемости, возникновению различных заболеваний, снижению работоспособности и т.п.

Обработка результатов с помощью ПК относится к категории энергозатрат (например, работа, проводимая сидя, с небольшим уровнем

физических затрат до 139 Вт). На основании СанПиН 2.2.4.548-96[47] показатели микроклимата рабочей зоны должны соответствовать температуре воздуха 23-25°C в тёплый период года и 22-24°C в холодный период, температуре поверхностей 22-26°C в тёплый период года и 21-25°C в холодный период, относительной влажности воздуха 40–60% и скорости движения воздуха 0,1м/с.

Для того, чтобы предупредить отклонения показателей микроклимата в лабораторном помещении можно применять следующие меры:

- системы вентиляции,
- кондиционирования воздуха,
- отопления воздуха,
- теплоизолирующие экраны для защиты от источников теплового излучения,
- должная организация режима работ при соответствующих условиях труда.

8.5. Недостаточная освещенность рабочего места

Свет имеет важное значение для жизнедеятельности человека, сохранения его здоровья и работоспособности. Отсутствие хорошего освещения приводит к различным профессиональным заболеваниям:

- ухудшению концентрации внимания работников;
- ухудшению зрения;
- ухудшению осанки и т.д.

Инженер большую часть времени в основном проводит за дисплеем персонального компьютера. В связи с этим, в случае недостаточной освещённости рабочего места, инженер вынужден работать с контрастным фоном, в результате чего у работника ухудшается зрение за счет перенапряжения глаз, а также может возникнуть переутомление глаз. Тот же процесс происходит и при избыточном освещении помещения.

Освещение в производственных помещениях должно осуществляться естественным искусственным путем. Естественное освещение осуществляется

посредством солнечного света через окна. Искусственное освещение в помещении должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Во время работы с документами должна применяться система комбинированного освещения. Общее освещение должно осуществляться в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочего места, параллельно линии пользователя. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[58].

Недостаток освещения возникает по причине слабого по мощности осветительного прибора или в результате недостатка электрического напряжения. Недостаточная освещённость приводит к повышению утомляемости, ухудшению зрения. Негативным результатом недостатка света является снижение работоспособности, а также увеличивает риск производственного травматизма.

Освещенность в общественных помещениях регулируется СНиП 23-05-95[50]. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. При этом местное освещение не должно давать блики. Приоритетными являются лампы дневного света, которые устанавливаются в верхней части помещения. Соответственно показатель дискомфорта не должен превышать 15, а коэффициент пульсации 10.

Для осуществления мер по защите от недостаточного освещения можно предложить следующее:

- замена ламп, дающих недостаточное освещение, на более мощные;
- увеличение числа осветительных приборов по необходимости;
- своевременная замена вышедших из строя ламп.

В целях увеличения интенсивности поступления естественного дневного света в помещение рекомендуется регулярное мытьё окон.

Основными источниками шума в лабораториях являются элементы персонального компьютера, например, вентилятор охлаждения. Шум на

рабочем месте оказывает негативное воздействие на работника. Проявляется отрицательное воздействие шума в общем повышении утомляемости и раздражительности, а в процессе выполнения основных задач, где требуется внимательность и концентрация внимания, может привести к повышению количества ошибок и увеличению продолжительности выполнения заданий, в результате чего могут неверно быть составлены данные анализов исследования. Последствием длительного воздействия шума на работников является тугоухость, которая может развиваться в полную глухоту[49].

Нормирование шумового воздействия на рабочем месте осуществляется в соответствии с ГОСТ12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [49].

Предельный уровень шума в лаборатории составляет 50 дБА. В рабочей зоне уровень шума не должен превышать 75 дБА.

За безопасность при воздействии шума на работника отвечает комплекс мер:

- проектирования рабочих мест с учетом допустимой степени риска;
- использования малошумного оборудования;
- применения материалов и конструкций, способствующих снижению уровня шума и вибрации, обладающих шумоизоляционным эффектом;
- оптимального размещения источников шума, позволяющее минимизировать его воздействие;
- осуществления контроля за уровнем шума на рабочих местах и организация на основе полученных результатов режима труда, способствующего снижению шумовой нагрузки на работника.

По характеру спектра шума выделяют:

- широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы;
- тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шума выделяют:

- постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера "медленно";

- непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера "медленно";

Непостоянные шумы подразделяют на:

- колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

- прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

- импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА_A и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках "импульс" и "медленно", отличаются не менее чем на 7 дБ.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg P/P_0, \text{ где}$$

P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

P₀ - исходное значение звукового давления в воздухе, равное

-52 x 10 Па.

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике "медленно" шумомера, определяемый по формуле:

$$L(A) = 20 \lg P(A)/P_0, \text{ где}$$

$P(A)$ - среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера, Па.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА [59].

8.7 Монотонный режим работы

Обработка баз данных результатов анализов является монотонным процессом. Монотонность труда чаще всего приводит к снижению количества времени бодрствования у работников, уменьшению тонуса скелетной мускулатуры и симпатического отдела вегетативной нервной системы, что приводит к снижению артериального давления, уменьшению частоты пульса, появлению аритмий сердцебиения и т.п.).

Основными последствиями монотонного труда являются:

- снижение общей работоспособности и производительности труда;
- производственный травматизм;
- повышенную заболеваемость и др.

По борьбе с монотонностью работы предполагаются частые (каждые 1-2ч.), но короткие (5-10мин.) перерывы. Хорошим средством против монотонности является периодическое проведение различных физических упражнений продолжительностью около 10 мин. Несколько раз в течение трудовой смены [60].

8.8 Электрический ток

К основным опасным факторам при проведении работ в лаборатории относится так же электрический ток.

Источником тока являются провода и розетки, а также элементы оборудования, находящиеся под напряжением из-за нарушения изоляции.

Человек может получить электротравму в результате замыкания через его тело электрической цепи.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 [53] существуют нормативы напряжения прикосновения силы тока, протекающие через тело человека при нормальном режиме работы электроустановки. Например, при переменном токе частотой 50 Гц напряжение не должно быть выше 2В (при силе тока 0,3мА), при постоянном токе -8В (при силе тока 1мА).

Лаборатории являются помещениями без повышенной опасности по следующим причинам:

- относительная влажность воздуха составляет 50-60 %;
- температура воздуха в помещениях не превышает 25°С;
- токопроводящие полы отсутствуют.

Во избежание электротравм при эксплуатации электрического оборудования необходимо соблюдать следующие требования [54]:

- не допускать работу на неисправном оборудовании;
- обязательно заземлять электроприборы;
- не допускать эксплуатацию электрического оборудования в зонах повышенной влажности;
- соблюдать температурный режим в помещении в пределах 20-25 °С при относительной влажности воздуха до 75 % и отсутствии резких перепадов температуры;
- регулярно очищать от пыли поверхности оборудования и прочие его части.

Особенно важным для предупреждения травматизма является соблюдение правил электробезопасности и технических правил эксплуатации при работе с электрооборудованием и контроль за их выполнением [54].

8.9. Пожарная опасность

Самым разрушительным видом чрезвычайной ситуации (ЧС) является пожар на рабочем месте. Причинами возникновения пожара являются:

- неисправность электропроводки;
- сбои в работе компьютерной техники;
- несоблюдение правил пожарной безопасности сотрудниками при выполнении работ.

Источниками возникновения пожара являются:

- искры, возникшие в результате короткого замыкания,
- искры статического электричества,
- курение, неисправность оборудования,
- наличие легко воспламеняющихся материалов.

Изучаемая лаборатория по степени пожароопасности относится к категории В – производства, и связана с обработкой материалов, к которым относятся биоиндикаторы, тест-объекты, культиваторы и т.д. Каждое рабочее помещение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь средства пожаротушения [55]. В целях избежания пожара нужно соблюдать все требования противопожарной безопасности и правила эксплуатации оборудования. Согласно Федеральному закону от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон от 10.07.2012 №117-ФЗ[61], 02.07.2013 №185-ФЗ)[62], который говорит о том, что предотвращение распространения пожара осуществляется за счёт мероприятий, ограничивающих площадь, интенсивность и продолжительность горения. В список таких мероприятий входят:

- внедрение конструктивных и планировочных решений, задерживающих распространение опасных факторов пожара по помещению;
- ограничения пожарной опасности строительных материалов;
- наличие первичных, автоматических и привозных средств

пожаротушения;

- оборудование помещений сигнализацией и системами оповещения о пожаре.

В изучаемом помещении имеются следующие средства противопожарной защиты:

- план эвакуации на случай пожара;
- памятка о соблюдении правил пожарной безопасности;
- сведения о лице, ответственном за пожарную безопасность;
- вентиляционные системы для отвода избыточной теплоты от ПК;
- противопожарный кран, огнетушители;
- кран с водой, ведра с песком

При возникновении пожара работнику лаборатории необходимо выполнять следующие действия:

- немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01» (или «101» с мобильного телефона), сообщив свой адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;

- по возможности организовать эвакуацию людей и материальных ценностей помещения;

- постараться (если это возможно) отключить от сети электрическое оборудование;

- начать тушение пожара подручными средствами;

- сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику, а также оповестить находящихся рядом сотрудников о пожаре;

- при общем сигнале опасности как можно быстрее покинуть помещение.

8.10. Экологическая безопасность

Во время работ в аналитической лаборатории негативного влияния на окружающую среду не наблюдается, образование отходов незначительное, а именно это отходы реактивов, которые благополучно можно утилизировать.

Отходы не являются опасными, так как характеризуются очень низкой степенью негативного воздействия на окружающую среду. Соответственно данные отходы материалов формируют отходы V класса опасности, что является отсутствием опасности или угрозы для жизни человека [63]. На отходы по V классу опасности паспорт отходов не выдается. Утилизация таких отходов производится путем проведения исследований обслуживающим персоналом или удаляются на контейнерные площадки.

8.11. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошло или может возникнуть ЧС (ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения»).[64]

По происхождению чрезвычайные ситуации делятся по следующим признакам: природного характера, техногенного характера, биолого-социального характера, экологического характера. ЧС природного характера возникают при естественных природных явлениях, происходящих в окружающей среде, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. К природным чрезвычайным ситуациям относятся: геофизические опасные явления (землетрясения, извержения вулканов и т. д.); геологические

опасные явления (оползни, сели, обвалы, лавины, пыльные бури и т. д.); метеорологические опасные явления (бури, ураганы, смерчи, ливни, снежные заносы, заморозки, суховей, засуха и т. д.); гидрологические опасные явления (наводнения, паводки, половодья, подтопление и т. д.); морские гидрологические опасные явления (штормы, тайфуны, цунами, напор льдов и т. д.); гидрогеологические опасные явления (опасно высокие уровни грунтовых вод и т. д.); природные пожары (лесные, торфяные, пожары степных и хлебных массивов). Техногенные ЧС связаны с производственной деятельностью человека и классифицируются по типам аварий, которые являются источниками основных видов чрезвычайных ситуаций техногенного характера, и частично характеризуют также сферу и особенности проявления этих опасных событий. Например, транспортные аварии; пожары и взрывы; аварии с выбросом химически опасных веществ при их производстве, переработке, транспортировке; аварии с выбросом радиоактивных; аварии с выбросом биологически опасных веществ на предприятиях промышленности и в научно-исследовательских учреждениях, а также при их транспортировке; внезапное обрушение зданий; аварии на электроэнергетических системах; аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения; аварии на очистных сооружениях сточных вод и промышленных газов; гидродинамические аварии (прорыв платин дамб, шлюзов затопления территорий и населенных мест). ЧС биолого-социального характера обусловлены жизнедеятельностью болезнетворных (патогенных) микроорганизмов. К ним относятся: эпидемии (массовое распространение инфекционных заболеваний людей); эпизоотии (массовое распространение инфекционных заболеваний сельскохозяйственных животных); эпифитотии (массовое распространение инфекционных заболеваний и вредителей сельскохозяйственных растений) [64].

На мой взгляд самыми опасными ЧС можно считать пожары, внезапные обрушения зданий (например, при землетрясении), а так же ЧС биолого-социального характера и при взрывах на АЭС. ЧС при пожарах описаны в

пункте о пожарной безопасности. ЧС при внезапных обрушениях зданий чаще всего происходят по причине землетрясений. Такие ЧС считаются очень опасными, так как невозможно предугадать их и предотвратить. Как действовать во время землетрясения? Ощувив колебания здания, увидев качание светильников, падение предметов, услышав нарастающий гул и звон бьющегося стекла, не нужно поддаваться панике (от момента, когда почувствовали первые толчки до опасных для здания колебаний есть 15 – 20 секунд). Необходимо по возможности быстро выйти из здания, взяв документы, деньги и предметы первой необходимости. Покидая помещение спускаться по лестнице, а не на лифте. Оказавшись на улице – оставаться там, но не стоять вблизи зданий, а перейти на открытое пространство. Необходимо сохранять спокойствие и постараться успокоиться! Если вынужденно остались в помещении, то нужно встать в безопасном месте: у внутренней стены, в углу, во внутреннем стенном проеме или у несущей опоры. Если возможно, спрятаться под стол – он защитит от падающих предметов и обломков. Держаться подальше от окон и тяжелой мебели. Если в помещении есть дети – укройте их собой. Нельзя пользоваться свечами, спичками, зажигалками – при утечке газа возможен пожар. Нужно держаться в стороне от нависающих балконов, карнизов, парапетов, опасаться оборванных проводов. Если Вы находитесь в автомобиле, необходимо оставаться на открытом месте, но не покидать автомобиль, пока толчки не прекратятся.[65]

Выводы

При написании магистерской части раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены: правовые и организационные вопросы безопасности; опасные и вредные факторы, возникающие при выполнении работ в лаборатории; соблюдение правил техники безопасности при работе с электроприборами и пожарной безопасности; влияние шума на работников лабораторий; влияние на экологическое состояние окружающей среды. Цель

данного раздела состоит в том, чтобы выявить и дать рекомендации по минимизации негативного воздействия вышеперечисленных факторов на здоровье человека и состояние окружающей среды, что было рассмотрено в разделе по экологической безопасности. Также была проанализирована чрезвычайная ситуация – пожар на рабочем месте. Важным является то, что лаборатория, в которой проводятся аналитические исследования, соответствует стандартам пожарной безопасности. Вредные факторы лаборатории незначительны, но все же оказывают определенное влияние на человека и окружающую среду. По снижению негативного воздействия этих факторов можно дать следующие рекомендации: 1) соблюдение своего рабочего места в чистоте; 2) своевременная уборка отходов в помещении техперсоналом; 3) соблюдение уменьшения степени шума во время работы во избежание отсутствия концентрации на рабочем месте и т.п.

9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, но и коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием для поиска источников финансирования с целью проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является:

- определение перспективности и успешности научно-технического исследования,
- оценка его эффективности, уровня возможных рисков,
- разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения этой цели нужно решить следующие задачи:

- организовать работу по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Исследования проводились в проблемной научно-исследовательской лаборатории ИШПР ТПУ с целью определения токсичности и биоресурсности, а также способности к самовосстановлению водоемов г.Томска и прилегающих территорий. Объектом исследования были пробы воды из трех природных водных источников (оз.Университетское, Позднеево, Губино) [66].

9.1. Предпроектный анализ

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть природо- и водоохранные учреждения, а так же предприятия по очистке воды.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды г.Томска и прилегающих территорий;
- Водоканалы;
- Научно-исследовательские организации, университеты, школы
- Население.

9.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения дает возможность провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируется влияние антропогенного воздействия на природные водные объекты, главным образом определяется степень токсичности, влияние на биоресурсность и способности к самовосстановлению водоема. [66]

В таблице 9 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером-экологом в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается очисткой вод.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,18	5	4	4	0,9	0,72	0,72
2. Точность	0,18	5	4	4	0,9	0,72	0,72
3. Скорость	0,14	5	4	4	0,7	0,56	0,56
4. Технологичность	0,14	4	4	5	0,56	0,56	0,7
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
2. Цена	0,10	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Время	0,11	3	5	4	0,33	0,55	0,44
Итого	1	32	28	28	4,64	4,01	4,04

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, определяем что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой,

производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Но, слабые стороны разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.[66]

9.3. SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 10). SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап включает в себя описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 10 – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны С1. Низкая цена проекта С2. Отсутствие подобного исследования на территории области С3. Достаточно высокая точность результатов С4. Распространённость и доступность объектов исследования С5. Экологичность проведенных исследований</p>	<p>Слабые стороны Сл1. Удаленность территории исследования (лаборатории) от объекта исследования Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение частных и государственных инвесторов</p>
<p>Возможности В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на исследования</p>	<p>Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>

Второй этап определяется выявлением соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.[66]

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 11. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие);«0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «- ».

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
	В1.	+	+	+	+	+
	В2.	+	+	+	+	+

	Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	В1.	+	-	+
	В2.	0	-	-

	Сильные стороны проекта					
Угрозы		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
	У1.	+	+	-	-	+
	У2.	-	+	-	-	-

	Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	+	-	+
	У2.	+	-	+

В *третьем этапе* необходимо составить итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 12).

Таблица 12 –SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Низкая цена проекта</p> <p>С2. Отсутствие подобного исследования на территории области</p> <p>С3. Достаточно высокая точность результатов</p> <p>С4. Распространённость и доступность объектов исследования</p> <p>С5. Экологичность проведенных исследований.</p>	<p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования</p> <p>Сл2. Погрешность методов анализа</p> <p>Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на исследования</p>	<p>Введение метода в школы, вузы и другие учебные заведения с целью расширения понятия об охране окружающей среды;</p> <p>Быстрое продвижение исследования в связи с преимуществами данного исследования;</p> <p>Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности и новизны исследования.</p>	<p>Проведение анализов, транспортировка исследуемого материала, проверка результатов, отправка пробы на внешний и внутренний контроль.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Развитие конкуренции</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Создание конкурентоспособного проекта.</p>	<p>Из-за относительной доступности анализа могут возникнуть проблемы с индивидуальностью данного исследования, может понизиться спрос из-за повышения конкурентоспособности.</p>

9.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

В какой бы степени выполнения не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальная форма, которая содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 13).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет определить степень готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге можно определить, является ли разработка перспективной, а так же уровень имеющихся знаний у разработчика [66].

Таблица 13 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический процесс	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	51	50

По результатам оценки можно выделить слабые стороны исследования, а для дальнейшего улучшения оценки необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки, проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок [66].

9.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов исследования необходимо использовать такие методы, как:

- инжиниринг;
- передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Такие методы коммерциализации являются наиболее продуктивными в отношении анализируемого проекта. [66]

9.6. Инициация проекта

Инициация проекта состоит из процессов, выполняемых для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание, а так же фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и

внешние заинтересованные стороны проекта, которые в дальнейшем будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 14).

Таблица 14 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды	Получение эколого-биохимического исследования на территории нахождения природных водных объектов

В таблице 15 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 15 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение влияния антропогенной нагрузки в природных водных объектах в контексте необходимости анализа химического состава вод
Ожидаемые результаты проекта:	Нахождение степени токсичности вод природных водоемов
Критерии приемки результата проекта:	Определить в природных водных объектах степень нарушения способности к самовосстановлению
Требования к результату проекта:	Требование:
	Отобрать пробы обычной и снеготалой воды из природных водных объектов для лабораторных аналитических исследований;
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ;
	Провести обработку полученных данных;
	Выявить факторы, влияющие на химический состав природных водных объектов

В таблице 16 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 16 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1.	Хвощевская А.А., НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Ахназарова З.А., магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта (таблица 17).

Таблица 17 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	847228
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2021-21.06.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	23.12.2022
3.2.2. Дата завершения проекта	20.06.2023

9.7. Планирование управления научно-техническим проектом

Планирование проекта состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом включает в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

9.8. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (схема 1).[66]

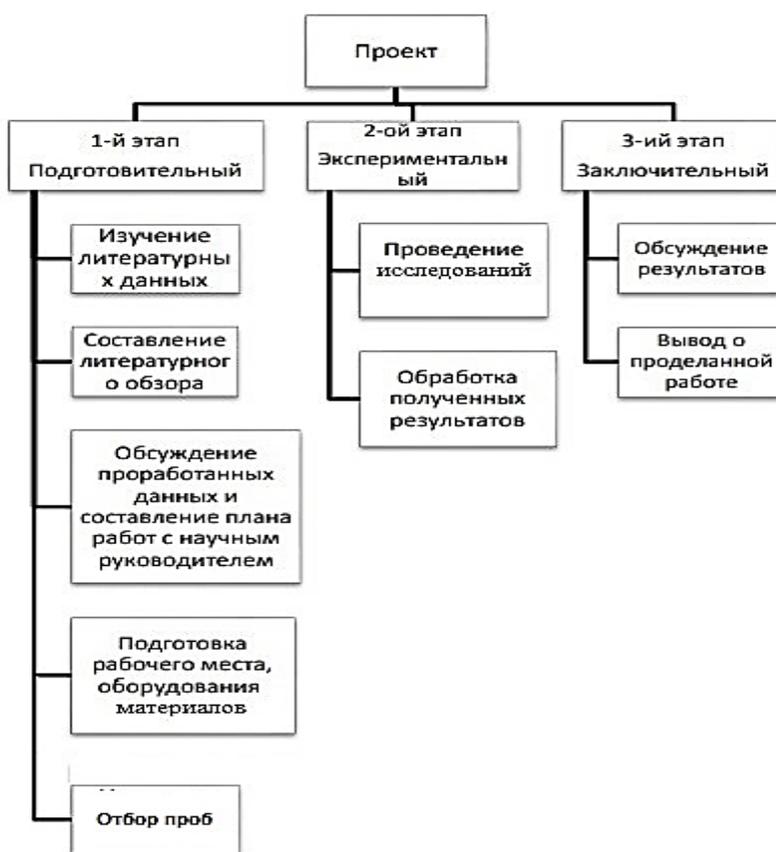


Схема 1 – Иерархическая структура работ

9.9. План проект

В рамках планирования научного проекта построен календарный график проекта (таблица 18, 19).

Таблица 18– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.21	07.09.21	Ахназарова З.А., Хващевская А.А.
Согласование плана работ	7	08.09.21	15.09.21	Ахназарова З.А., Хващевская А.А.
Литературный обзор	138	16.09.21	31.01.22	Ахназарова З.А., Хващевская А.А.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292	01.02.22	20.12.22	Ахназарова З.А., Хващевская А.А.
Написание отчета	162	21.12.22	31.05.23	Ахназарова З.А.
Итого:	606			

Таблица 19 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2021				2022												2023					
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	7																						
Согласование плана работ	7																						
Литературный обзор	138																						
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292																						
Написание отчета	162																						



- Ахназарова З.А.



- Ахназарова З.А., Хващевская А.А.

9.10 Бюджет научного исследования

Для планировании бюджета научного исследования необходимо было обеспечить полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, соответствующих для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по пунктам. В данном исследовании выделены следующие пункты:

1. Сырье, материалы, покупные изделия;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов и изделий, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 20).

Таблица 20 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40,0	80,0
Ручка шариковая	3	31,0	93,0
Ластик	2	20	40,0
Печать	150	2	300,0
Крафт-пакеты	38	8	304,0
Беззольные фильтры	1	86,60	86,60
Бутылки полиэтиленовые	25	10	250
Энергия	-	-	-
Всего за материалы	1153,6		
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			57,68
Итого по статье			1211,28

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В этом пункте включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 21).

Таблица 21 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (НР)	1	30000,0	30000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5990,0	5990,0
3	Statistica	1	20000	20000
Итого, руб.:				55990

Расчет основной заработной платы. В данную статью входит понятие об основной заработной плате научных и инженерно-технических работников, рабочих лабораторий и опытных лаборантов, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 22.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [66]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$З_{м} = З_{б} * K_{р}, \text{ где}$$

$З_{б}$ – базовый оклад, руб.;

$K_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году без учета РК составил 33664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 16832. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{б}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	16832	1	0,02	1,3	22319,25	1179,15	212	249979,8
Магистрант	1923	-	-	1,3	2500	132	212	27998

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В этот пункт включается следующее:

- сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков;
- оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей;
- выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 24 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	249979,8	27998
Дополнительная зарплата	24997,9	2799,8
Итого по статье С _{зп}	274977,8	30797,8

Отчисления на социальные нужды. Этот пункт включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * (249979,8 + 24997,9) = 82493,31 \text{ рублей}$$

Научные и производственные командировки. Здесь включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 30577,56 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.

Сторонней организацией был выполнен анализ проб методом определения химического состава вод, который выполняется в ПНИЛ ТПУ г. Томска. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 25.

Таблица 25 - Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого, руб
Анализ химического состава вод	12	10400	125000

На эту статью расходов также в данном проекте относится также использование Internet. Величина этих расходов определялась по договорным условиям и составляет 1560 руб.

Итого на оплату работ выходит 126560 руб.

Накладные расходы.

Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (274977,8 + 30797,8) = 244620,5$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8 [66].

Таким образом, затраты проекта составляет 847228,2, которые приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	1211,28	55990	277977,8	27797,7	82493,3	30577,6	126560	244620,5	244620,5	<u>847228,2</u>
Аналог	2000	300000	999919,2	99991,6	329973,2	109991,1	-	-	879928,6	2721803,7

Операционные затраты, руб.=сырье+амортизация+ЗП

$$(277977,8+27797,7)+ 82493,3+30577,6+244620,5+244620,5=908087,4$$

$$=35\% = 317830,59$$

$$Аг=Сперв.*На/100=Сперв.*0,1$$

9.11 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на схема 2.

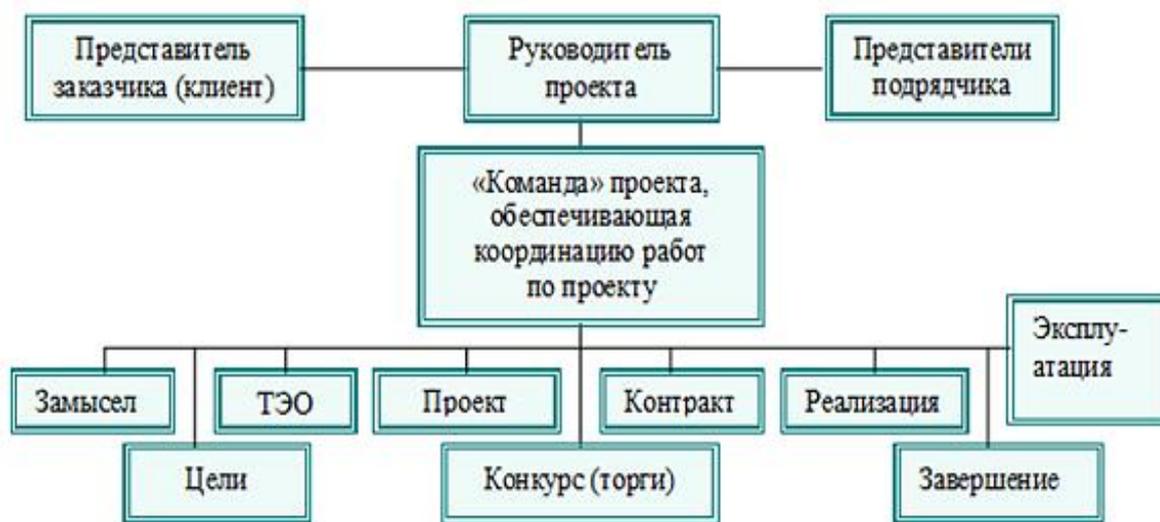


Схема 2 – Проектная структура проекта[66]

9.12. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 27).

Таблица 27 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

9.13. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые могут повлечь за собой нежелательные эффекты.[66]

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 28.

Таблица 28 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	4	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	4	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

9.14. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

9.14.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является прогнозный и долгосрочный характер. В связи с этим при подходе к анализу учитываются факторы времени и риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);

- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).[66]

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{онт}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{онт}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 29. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации- 10

%. $A_{г} = C_{перв} * N_{а} / 100$,

себ=**847228,2** **р.,**

Выручка=себестоимость*1,25=1059035,25

Таблица 29 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1016673,8	1016673,8	1016673,8	1016673,8
2	Итого приток, руб.	0	1016673,8	1016673,8	1016673,8	1016673,8
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 847228,2	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	450249,9	450249,9	450249,9	450249,9
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	566423,9	566423,9	566423,9	566423,9
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	113284,8	113284,8	113284,8	113284,8
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	453139,1	453139,1	453139,1	453139,1
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	- 847228,2	537861,9	537861,9	537861,9	537861,9
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	- 847228,2	448038,9	373276,2	310884,2	259249,4
12	Σ ЧД		1391448руб.			
12	Итого NPV, руб.		736216руб.			

$$NPV = 1391448 \text{руб.} - 847228,2 = 736216 \text{руб.} > 0$$

Если NPV < 0:

- 1) $i = 10\%$
- 2) интервал планирования = 5 годам

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %; (10%); t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 736216 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:[66]

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.; I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб. Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1391448}{847228,2} = 1,64$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект. Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 30 и на рисунке 21.

Таблица 30 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-847228,2	537861,9	537861,9	537861,9	537861,9	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-847228	508916.5	464273.9	433934.3	407359.7	1047256.4
	0,2	-847228	468039.0	393276.2	340884.2	299249.4	699229.7
	0,3	-847228	428615.8	333414.2	269727.2	198251.7	392780.9
	0,4	-847228	384033.4	279309.6	205781.7	149844.1	171740.8
	0,5	-847228	358753.9	238810.7	158669.3	106496.7	15502.5
	0,6	-847228	336163.7	209766.1	131238.3	82292.9	-87767.0
	0,7	-847228	316262.8	180183.7	109186.0	60240.5	-181355.0
	0,8	-847228	299051.2	166199.3	91974.4	51096.9	-238906.2
	0,9	-847228	282915.4	148987.7	78527.8	41415.4	-295381.7
	1,0	-847228	268931.0	134465.5	67232.7	33347.4	-343251.4

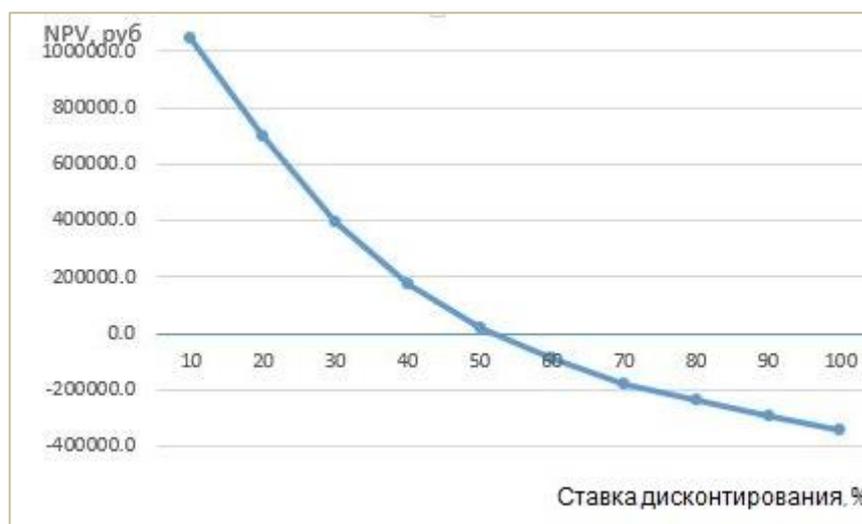


Рис.21. – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,52.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $52\% - 20\% = 32\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 31).

Таблица 31 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	-847228,2	448039,0	373276,2	310884,2	259249,4
2	То же нарастающим итогом, руб.	-847228,2	-10242,3	165900,5	476816,3	544220,5
3	Дисконтированный срок окупаемости	ДРР_{дск} = $1 + (10242,3 / 373276,2) = 1,03$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 32).

Таблица 32 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о химическом составе природных водных объектов на территории г.Томска и прилегающих территорий	Получены данные о химическом составе природных водных объектов
Нехватка обширных и достоверных данных о степени токсичности и биоресурсности водоемов, а так же об их способности к самовосстановлению	Обобщены и структурированы данные о степени токсичности и биоресурсности водоемов, а так же об их способности к самовосстановлению

9.14.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Чтобы определить эффективность, необходимо произвести на основе расчета интегрального показателя эффективность научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).[66]

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения. [66]

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 33).

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 34.

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,18	0,16	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,85	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

Выводы

Сравнение значений интегральных показателей эффективности дает возможность понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 736216 руб.; индекс доходности $PI = 1,64$, внутренняя ставка доходности $IRR = 52\%$, срок окупаемости $PP_{\text{дск}} = 1,03$ года. Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости [66].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения химического макро- и микрокомпонентного состава вод озер и их токсичности, проведенные исследования показали, что воды всех исследованных озер подвержены антропогенной нагрузке, о чем свидетельствует повышенное содержание иона натрия, сульфат-и хлорид-ионов, а также присутствие органического вещества.

Воды озер имеют различную степень токсичности по реакции тест-объекта *Chlorella vulgaris* – от допустимой (оз. Губинское) до высокой (оз. Позднеевское), что связано с различием в виде антропогенной нагрузки и ее интенсивности; биоресурсное состояние вод озер чаще неудовлетворительное. В случае не снижения на воды озер Университетское, Позднеевское и Губинское антропогенной нагрузки использование водоемов в рекреационных целях будет не безопасным.

В будущем планируется организовать сезонные наблюдения за биоресурсностью вод озер г. Томска на примере исследованных объектов с расширением количества пунктов наблюдения и выявить главные причины поступления в воды загрязняющих веществ с целью их устранения.

Полученная информация может полноценно использоваться при дальнейшем наблюдении за качеством природных поверхностных вод городской территории г. Томска и Томского района в условиях антропогенного воздействия. Данные о токсичности и биоресурсности вод озер могут быть исходным материалом для подбора мер по борьбе с техногенным влиянием на водоемы с целью предотвращения изменения природного характера вод, что в будущем дает возможность улучшить экологическое состояние рекреационно - оздоровительных зон и в окрестностях города Томска, и на территории Томского района. Так же данный материал может быть использован в дальнейшем как пособие для изучения последствий влияния антропогенной нагрузки на водоемы.

Biotesting method

Biotesting made history as a way to assess water quality in the early twentieth century, at a time when the "fish sample" was used for toxicological assessment. The first biotests were performed on daphnia and cyclops in 1918. After that, the main test object for a long time was *Daphnia magna*. Since the late 1930s, hydrobionts of different systematic levels with different trophic relationships began to be used as test objects, and since 1940 they were joined by protozoa, crustaceans, worms, and fish. Biological indicators of water quality assessment were the survival rate of adults and nascent juveniles, reproduction rate, respiration and heart rate, oxygen consumption, carbon dioxide and ammonia excretion (end products of metabolism), respiration rate, growth and feeding rate, body weight gain and other signs.

In 1980, it became necessary to use biotesting as an indicator of operative integral diagnostics of water quality. From 1981 to 1986, the biotesting methods were tested and recommended for determining the toxicity of waste and natural waters. At present, this method is introduced in the standards for water quality assessment in many countries of the world.

The use of biological methods to assess the environment involves the use of animals or plants that are sensitive and acutely responsive to a particular type of impact. With the help of suitable indicator organisms under certain conditions, a qualitative and quantitative assessment of the effect of anthropogenic and natural influences can be carried out. The following types of organisms can be used as test objects: animals, microorganisms, plants .

Modern aquatic ecotoxicology has a large set of methods for determining the extent of damage to the aquatic ecosystem as a result of anthropogenic pressure. Biotesting is one of them.

N.S. Stroganov defined aquatic toxicology as the science of the toxicity of the hydrobiont environment at all levels of organization of life. Aquatic toxicology studies all reactions of hydrobionts to pollution of any origin. To assess the degree of toxic pollution in a water body, the following tasks must be performed:

determining whether the source water is toxic; what the degree of its toxicity is; at what distance from the source of pollution the toxicity decreases.

All groups of organisms living in a water body can be used for bioindication of water quality: planktonic and benthic invertebrates, protozoa, algae, macrophytes, bacteria and fish. Each group of these organisms has its own advantages and disadvantages that determine the limits of its use in solving the problems of biotesting, since all these groups play an important role in the cycle of substances in a water body. Conclusion about the degree of water pollution is usually determined by a system of points from 1 to 6, and water quality can be assessed using the biotic index according to the system of F.

In order to be suitable, biotesting methods must meet the following requirements: be applicable to the assessment of any changes in the environment of living organisms; characterize the most important parameters of life activity of organisms; be sensitive enough to detect environmental changes; be adequate for any species of living things; be convenient for laboratory use and for field studies; be simple enough and not expensive for wide use.

One of the most important requirements for assessing water quality is the sensitivity of the methods used and versatility with respect to the physical, chemical and biological effects of ecosystems on living organisms. Thus, the range of tasks solved with the help of biotesting today is quite wide and is increasingly being introduced into environmental protection practice.

Biotesting (ang. bioassay) is a procedure for establishing environmental toxicity using test objects that signal a hazard regardless of which substances and in what combination cause changes in vital functions in the test objects. Due to its simplicity, rapidity and accessibility, this method is widely accepted all over the world and is increasingly used along with the methods of analytical chemistry. There are 2 types of biotesting: morphophysiological and chemotactic. The chemotactic method is more accurate, as it uses a special device, and the morphophysiological method allows a more accurate description of what happens to the test objects, for example, in contaminated water.

Test objects are bioindicators (plants and animals) which are used to assess air, water or soil quality in laboratory experiments (infusoria, algae, lower crustaceans, etc.) whose mutual functioning determines the ability of a water body to self-repair .

Under the conditions of a laboratory experiment based on the results of acute toxicity determination biotesting allows assessing the degree of disturbance of the aquatic ecosystem and the reduction of its ability to self-repair under an excessive load of nutrients.

Biotesting is one of the methods of determining the degree of negative impact of physical, chemical and biological adverse environmental factors potentially dangerous to living organisms of ecosystems in controlled experimental laboratory or in situ conditions by recording changes in biologically significant indicators of test objects used with subsequent assessment of their condition in accordance with the selected toxicity criterion.

More briefly, biotesting refers to the procedure of establishing the quality of the environment using test-objects that signal a hazard regardless of which substances and in what combination cause changes in vital functions in the test-objects.

Biotesting applications cover the following areas:

1. toxicological assessment of natural water quality;
2. Monitoring of drinking water, water bodies, soils, bottom sediments for the content of toxicants;
3. Monitoring of sewage water toxicity;
- Environmental assessment of new technologies and materials;
5. Monitoring of waste toxicity, determination of waste hazard classes;
6. Food quality control

Main advantage of environmental control (biotesting) compared to analytical control is the following. The analytical control covers only an insignificant portion of the toxic compounds actually present in the environment, while the application of biotesting determines the integral toxicity of a particular substance. In addition,

biotesting, as compared to analytical control, is much more cost-effective and allows answering the question about the integral toxicity of the substance under study in a shorter time and at a lower cost.

Four main test objects are currently used in biotesting: the green alga *Chlorella vulgaris* Beijer, the lower crustacean *Daphnia magna* Straus, lyophilized luminescent bacteria *E. coli* and the brackish-water crayfish *Artemiasalina*. The result obtained from these objects at the same time has maximum reliability.

Toxicity is determined: by changes in the optical density of the test culture - for algae; by determining the survival rate - for daphnia and artemia; by changes in the intensity of bioluminescence - for bacteria.

Biotesting is also used to determine the degree of toxicity or toxicity of waters. The amount of biomass in a given water body also affects the determination of these characteristics of waters.

Toxicity (from Latin toxicus "poisonous"), or toxicity, is a toxicometric index calculated as the inverse of the average lethal dose or average lethal concentration of a toxic substance.

The purpose of these studies is to determine the extent to which water is harmful to living organisms. Shellfish, algae, single-celled organisms, and other test objects are typically used for this purpose. Biotesting involves studying the effect of a water sample taken from a body of water on the activities of certain organisms cultured in the laboratory in order to determine the toxicity at one time .

The method does not give any long-term predictions, unlike bioindication, it only determines the presence of toxicity in the water sample at the time of the study. However, its accuracy is quite high, since biotesting involves the use of test objects that live in a given water body, which makes the study as reliable as possible. Thus, the main objectives of biotesting are:

- Determine the degree of toxicity of individual components introduced into the aquatic environment for screening and rationing.

- Identify the presence of an unknown composition of harmful substances for subsequent chemical investigation.

- Determine the source of toxic contamination of the aquatic environment and assess their intensity.

- Determine the degree of dilution of waters to the level at which they can be considered harmless.

- Assess the potential threat to the aquatic environment.

One of the main advantages of this study is that since water samples are taken from specific areas where discharges are made, biotesting allows exactly the local condition of waters to be assessed.

Hydrobionts inhabiting water bodies, such as infusoria, daphnia, etc. are a part of the ecosystem as well as indicators of the state of the aquatic environment and actively respond to its change as a result of anthropogenic load.

When water bodies are polluted, some physiological functions of hydrobionts, such as behavior, motor and trophic activity, decrease in growth rate, increase in mortality, change in number and their biomass, decrease in reproducibility, change in heredity of individuals, are disturbed.

At the same time, hydrobionts are links in a single trophic chain. A change in the vital functions of one of the components leads to disruption of the entire trophic system, which results in a decrease in the bioresources of the water body, i.e., the ability of natural recovery and functioning of the water body under the influence of the anthropogenic factor and in its absence.

Deterioration or improvement of the resource (biological) potential of a water body is expressed in a number of indicators and by their change it is possible to judge indirectly about the ability of the water body to self-restoration and, accordingly, improvement of water quality in it. Such indicators include toxicity of aquatic environment, volume of disturbance of trophic chain, character of reproduction of

links of trophic chain, degree of intensity of disturbance of biological resource capacity.

According to the standard toxicity determination procedure, the toxicity criterion for the test organism *Chlorella vulgaris* is a change in growth rate of the algae biomass: a decrease by 20% or more (growth inhibition) or an increase by 30% or more (growth stimulation) in the experimental medium compared to the control medium. Based on the maximum toxicity index, the intensity of disturbance of the links of the trophic chain is established and the category of the bioresource state of a water body is derived: satisfactory, unsatisfactory, critical, emergency.

Subjects of the research

Assessment of safety of water bodies of Tomsk and Tomsk district was carried out by studying the chemical composition and toxicity of the waters of the lakes in the urban and rural areas with different forms of natural and anthropogenic pressures.

The work is based on data from studies of waters of 3 lakes Universitetskoye, Gubinskoye, Pozdneyevskoye, carried out in the period 2021 - 2022 by staff of the problem research laboratory Hydrogeochemistry of Tomsk Polytechnic University. A total of 12 samples were studied, of which 10 are water and 2 - snow. Lakes are located within the residential (Universitetskoye) and agricultural areas (Pozdneyevskoye, Gubinskoye) and are actively used by the population for recreational purposes (bathing, fishing, sightseeing, etc.).

On the northern shore of the reservoir stands the fourth building of Tomsk State University (TSU).

The pond is partially located in the protective zone of the Siberian Botanical Garden, which is a specially protected natural area of regional importance. The length of the lake is 200 m, its average width is 50 m, average depth is 1.7 m, maximum depth does not exceed 2.2 m, volume of the lake is 19 thousand m³. University Lake, is included in the program of reproduction and use of natural

resources in the city of Tomsk and Tomsk region, which provides a number of measures to revive the Tomsk lakes . In 2010, within the framework of the water body restoration program, the lake was cleaned, trash and the top layer of silt were scooped out from the bottom of the reservoir, and aquatic vegetation was eliminated.

As the second stage of this program, students of many TSU departments (Biological Institute, students' trade union organization, Russian-German youth association "Jugendblick") annually organize outdoor cleaning to support the lake reclamation program. About 200 students take part in these actions every year. They clean the shores of the lake, cut down dead wood. In 2014-2015, historical springs feeding the lake were restored on the shores of the lake: Philosopher, Dionysius, Olesin Spring, and St. Anna's Spring.

Stocking of the reservoir was done. Now there are lake frogs on the lake (this species is included in the Red Book), in the summer time ducks live there. A few benches and a gazebo are installed near the lake, but they do not help the pond to serve as a recreational area. University Lake is recognized as polluted, but at the same time, the water body has an important cultural, historical, and recreational value for the city.

The study of the history of urban water bodies, maintenance of their natural state, as well as timely environmental rehabilitation will allow the lake to perform its ecological and recreational functions as long as possible and expand the tourist potential of the region. The lake in the village of Pozdnevo is located on the eastern border of Tomsk.

Along its northern dam, the width of the lake is just over 100 meters at the southern end is just over 90 meters. The lake is up to 450 meters long. The total area of the water mirror of the reservoir is about 40,000 sq. m. The maximum depth of the pits, located to the south of the dam, is up to 5-7 meters.

The lake in the village of Pozdnevo is an artificial pond (reservoir), formed by a dam, which collects the spring water from the fields within the village of Pozdnevo. The pond was built in the late nineteenth century, in the 1880s. Its

presence has been recorded in the directories of settlements of Siberia since the early twentieth century Ozernaya and Ryabinovaya streets approach the lake from the west. The eastern shore from the north is a waste field in front of outbuildings, from the middle and to the south there is a cedar forest.

On the south side of the lake there are cultivated agricultural fields, from which during the Soviet era, several times there was chemical (fertilizer fields) pollution of the lake. During the last twenty years the ecological situation has improved, the lake has almost regenerated and has entered the state of a natural water body .

The pond was formed in a ravine on an unnamed seasonal stream, the source of which begins with a small spring to the east of the Bogashevsky tract in a place opposite to the village of April.

The source from the pond, which dries up almost completely in June, tends to merge with the northward existing springs, which form the beginning of the small Trubachevsky brook, which is further the left tributary of the Kalichkina river (which after 340 meters further is the right tributary of the Ushayka river) in the territory of the Mirny settlement .

The pond is stocked, fishermen catch here typical for the south of the Tomsk region: pikes, minnows, spruces, ruffs, trout, yazels and perches. The lake in the village of Gubino is a large artificial pond - "Gubino Lake". The pond was created by building a dam on the river - the creek MalyKurtuk.

Gubino - a village in the Tomsk district of Tomsk region. It is part of the Moryakovsky rural settlement and is 14 km from it and 12 km from the city of Tomsk. The village is located JSC "Guba Oil", which produces sunflower oil, halva, sunflower seeds, kozinaki and other products.

The chemical composition of lake waters

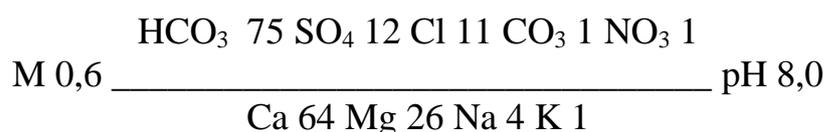
The studies of the chemical composition of the waters of the lakes and an assessment of their current state were carried out in the summer-autumn periods of 2021-2022. According to the classification of O.A. Alekin, the waters of the studied lakes are fresh and have a bicarbonate calcium composition.

The mineralization of waters ranges from 673 to 779 mg/l. Its minimum value was noted in the waters of Lake Pozdneevskoe, the largest in the waters of Lake Universitetskoe. In terms of pH, the waters of Lake Universitetskoe are weakly alkaline, Pozdneevskoe are alkaline, and the waters of Lake Gubinskoe are neutral. In terms of the degree of general hardness, the waters of lakes Pozdnevo and Gubino are soft (3.0 mg-eq/l), and in Lake Universitetskoye they are hard (7.0 mg-eq/l).

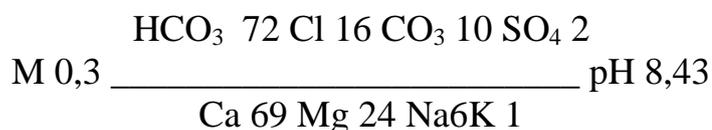
The anionic composition of the waters is characterized by the predominance of the bicarbonate ion, and the cationic composition of the calcium ion. This fact may indicate the predominance of the underground type of lake nutrition, since the noted type is typical for the natural groundwater of the Tomsk region and the city of Tomsk in particular.

Features of the ion-salt composition of lake waters are represented by the salt composition formula:

Lake University



Lake Pozdneevskoe



Lake Gubinskoe

$$\text{M } 0,3 \frac{\text{HCO}_3 \text{ 87 Cl 12 SO}_4 \text{ 1}}{\text{Ca 43 Na 43 Mg 10 K 4}} \text{pH } 7,75$$

The presence of compounds of the nitrogen group in the waters of the studied lakes (and the entire triad in the waters of Lake Universitetskoe) and the value of permanganate oxidizability indicate the presence of organic matter in the waters and the reactions of its decomposition.

In the waters of all lakes, a high amount of iron was noted from 0.6 to 1.4 mg/l, which indicates the component of the underground nutrition of lake waters.

Of the trace elements, lithium, boron, silicon, zinc, strontium, barium, manganese, and rubidium are present in significant quantities. But exceeding the maximum permissible values is not observed. Except for the content of manganese, the amount of which in lakes Universitetskoe and Gubinskoe exceeds the MPC by 4 and 6 times, respectively. This fact indicates the presence of an underground component in the sources of lake nutrition.

Toxicity and bioresources of the waters of lakes in the city of Tomsk

The determination of the toxicity of lake waters was carried out on the basis of an assessment of the acute toxicity parameter according to the reaction of the test organism of the unicellular algae *Chlorella vulgaris*. The study was carried out after dilution of water in a series of multiples of three according to the methodology.

Analysis of the data obtained showed that the waters of all the studied lakes exhibit toxicity, but to a different extent. And this state of the waters manifests itself

in different periods of observation, both in 2021 and 2022, regardless of the season of the year.

So, when the waters of Lake Pozdnevevo village are diluted by 3, 9, 27, and 81 times, a slight stimulation of algae growth is observed, the optical density of *Chlorella vulgaris* in these dilutions does not significantly differ from the control values ($P > 0.05$). The toxicity index of the initial sample ranges from 49 - 63% with a BKR equal to 1. The lake water, according to the standard method, is slightly toxic. Snowmelt water from Lake Pozdneevskoe is non-toxic at all observation points.

The water of the lake in the village of Gubino in the initial sample and in all studied dilutions has a stimulating effect on chlorella and is moderately and strongly toxic. The toxicity index in dilutions is 3, 9 and 27 times higher than the toxicity criterion and reaches 50% with BCR from 6 to 21 times.

A similar picture is typical for the waters of Lake Universitetskoe. In the initial sample and in all studied dilutions, water has a stimulating effect on chlorella and is highly toxic. The toxicity index in dilutions is 3.9 and 27 times higher than the toxicity criterion by 3.6 - 22.3%. The BCR is 9. Based on the value of the toxicity index, which varies from 35 to 50%, the waters of Lake Universitetskoe are moderately toxic.

Following the nature of the dependence of the toxicity of waters on the coefficient of their dilution, we see that the toxicity of the waters of Lake Universitetskoe decreases only after diluting the waters by 9 times, Lake Pozdneevskoe by 3 times, and Lake Gubinskoye by 81 times.

Using the data on the toxicity of the waters of the studied lakes, and comparing them with the criterion of toxicity [Gosteva I.A.], it was found that the bioresource state of the waters of the reservoirs is predominantly unsatisfactory.

The determination of the acute toxicity of lake waters was carried out after their dilution in a series of multiples of three according to the procedure.

When diluting the waters of the lake. Late in 3, 9, 27 and 81 times, the value of the toxicity index practically does not change and is in the region of negative values not exceeding 10%, which is due to a slight stimulation of algae growth. At the same time, the index I of the initial sample is $38.7 \pm 1.6\%$, which is almost 2 times higher than the toxicity criterion, which is 20%, and the waters of the lake are slightly toxic, BKR is 1.29 units.

The waters of the lake Gubino are toxic, since the criterion of the toxicity index, which is minus 30%, is exceeded when diluted by 27 times. In the initial sample $I = -52.3 \pm 0.4\%$. The dilution factor is 8.9.

Regarding the waters of Universitetskoye Lake, it can be said that when the waters are diluted by 3, 9, 27 and 81 times, the value of the toxicity index changes and is in the region of the toxicity index of 14.24% at a dilution ratio of 81. The waters of Universitetskoye Lake are equated to slightly toxic. The BCR level is 1.88 units.

As can be seen, the bioresource state of Lake Pozdneevskoe is critical, and the intensity of disturbance of the reservoir is high. The bioresource state of Lake Gubinskoye is critical, the intensity of disturbance of the reservoir is high. However, in a sample taken from a more polluted area of the lake, the water is not toxic to this test organism.

Apparently chlorella feels most comfortable in the waters of this composition with the intake of nutrients in the form of dairy products. As for Lake Universitetskoe, there is an insignificant amount of disruption of the trophic chain, but the reproduction of its links is reduced. The state of the reservoir is unsatisfactory, and the intensity of disturbance of biological resources is average.

Thus, the conducted studies show that the resource of water bodies for self-healing is low.

Water safety of lakes in Tomsk

The assessment of the state of recreational reservoirs and recreation zones at water bodies under the conditions of anthropogenic load was carried out in accordance with the requirements of the regulatory document national standard 17.1.5.02-80.

"Protection of Nature. Hydrosphere. Hygienic requirements for recreation areas of water bodies. M., 2000." and health codes and regulations 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans."

According to these documents, water quality is assessed taking into account the following indicators: suspended solids content, temperature, odor, color, floating impurities, pH value, dissolved oxygen content, biological and chemical oxygen consumption, chlorides (Cl⁻), sulfates (SO₄²⁻), others chemical compounds and substances and microbiological indicators.

Since the vast majority of water activities (swimming, scuba diving, fishing, etc.) are associated with direct contact with the aquatic environment, an assessment

of the toxicity of waters and, accordingly, the safety of a reservoir plays an important role in assessing the suitability of reservoirs for recreation.

It can be seen from the results of the research that there were no excesses of the permissible standard values for the main macrocomponents. There are high concentrations of sulfate and chloride ions in Universitetskoye Lake, but this is 10 times lower than the established MPC. Exceeding the MPC norms in the waters of all the studied reservoirs was established for manganese and iron, which is associated with the underground type of feeding of lake waters.

However, the presence of an ammonium ion is observed in the waters, which indicates water pollution by organic matter entering the waters at present. This fact is also indicated by the value of permanganate oxidizability, set at the border of the maximum permissible contents.

According to the results of studies of the toxicity of the waters of reservoirs, it was shown that all the studied lakes have an average or high degree of toxicity. At the same time, the indicator of anthropogenic load (IAL) is set at the level of 9 units, i.e. water toxicity can be reduced after its dilution by 9 times. And only in this case, the use of water for recreational purposes will be safe. In the current state of the lakes Universitetskoye and Pozdneevskoye, bathing in these reservoirs is a health risk and can cause infection with diseases.

It should also be noted that water bodies with pronounced eutrophication, which is observed on lakes Pozdneevskoye and Gubinskoye, and unfavorable sanitary conditions become sources of various infectious diseases. In this regard, reservoirs lose their aesthetic properties over time, and also risk becoming completely lifeless, since the flora and fauna of these reservoirs are under threat of extinction due to the degree of pollution and the level of toxicity.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://clat-cfo.ru/services/laboratory-studies-tests-and-measurements/biotestirovanie/biotestirovanie-vod/>
2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA>
3. Актуализированные ГИС-Пакеты оперативной геологической информации по федеральным округам и субъектам федерации (ГИС-Атлас «Недра России») [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru/>
4. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://gorodarus.ru/tomsk.html>
5. Май И.А., «Экологическое состояние г.Томска (сравнительный анализ и мониторинг)», 2021
6. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.duma.tomsk.ru/content/tomsk_region
7. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.agrien.ru/reg/%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F.html>
8. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.climate-data.org/%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%8F/%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D1%84%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F/%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C/%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA-1763/>
9. Евсеева Н.С. География Томской области. (Природные условия и ресурсы). — Томск, 2001, 223 с. ISBN 5-7511-1930-X.

10. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.meteorf.gov.ru/press/news/25158/>
11. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://xn----8sbiectm6bhdx8i.xn--p1ai/%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.html>
12. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://m.sib-guide.ru/siberia/ar/82#:~:text=%D0%9D%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B8%20%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BE,%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%20%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%8E%D1%82%D1%81%D1%8F%20%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8B%20%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4>
13. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tradm.ru/o-rayone/prirodnye-resursy/mineralno-syrevye-resursy/>
14. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://elib.odub.tomsk.ru/metodichki/2006/natural_t_oblasti/file/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%81%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0.jpg
15. Наливайко И.Г, «Микрофлора подземных вод города Томска как критерий их экологического состояния», Томск, 2000.
16. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://images.app.goo.gl/hx5TL2HMrUhP4nx68>

17. Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф., Эрвье Ю.Ю., «Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны», Томск, 1987
18. Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес, «Гидрогеологические и инженерно-геологические условия нижней части бассейна реки Томи» (Томская область), Томск, 2012.
19. Петрова Е.П., «Декоративные разновидности опалов Томского месторождения» (Западная Сибирь, Россия), Томск, 2022
20. Парначев В.П., Парначев С.В., «Геология и полезные ископаемые окрестностей г.Томска», Томск, 2010.
21. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://tass.ru/sibir-news/7410695/amp>
22. К.И. Кузеванов, Н.Г. Наливайко, Е.М. Дутова, Д.С. Покровский, «Химический и микробиологический состав вод ручьев городской территории Томска», Томск.
23. Гостева И.А., Хващевская А.А, Критерии оценки биоресурсности природных водоемов в условиях антропогенной нагрузки на примере озер Томского района/ «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии». Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием: в 3 т. – Барнаул, 2022. – Т.3. – С. 41-45.
24. Бубнов А.Г., Буймова С.А., Гущин А.А., Извекова Т.В., «Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды», Учебно-методическое пособие, Иваново, 2007.
25. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5>

26. [Электронный ресурс] Режим доступа:
<https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C>
27. «Центр лабораторного анализа и технических измерений по центральному федеральному округу», Москва
28. Воспроизводство и использование природных ресурсов с Томской области в 2013–2020 годах: Постановление администрации Томской области от 5 октября 2012 г. N 386а // Об утверждении долгосрочной целевой программы. – Томск, 2012. – 68 с.
29. Каширо, М. А. Лимноландшафты г. Томска / М. А. Каширо. – Томск: ТГУ, 2013. – 26 с
30. Томские родники. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://blog.kob.tomsk.ru/wiki/index.php> – Загл. С экрана.
31. Красная книга Томской области / Изд. 2-е, перераб. И доп. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2013.
32. [Электронный ресурс] Режим доступа:
https://towiki.ru/view/%D0%9F%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE
33. [Электронный ресурс] Режим доступа:
<https://images.app.goo.gi/eTPnYDMamacBp3An7>
34. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеиздат, 1970
35. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04, Т 16.1:2:2.3:3.7-04 Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления: – Москва, 2014 г. – 36 с.
36. ГОСТ 17.1.5.02-80 «Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам и рекреации водных объектов», М., 2000

37. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021.
38. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://images.app.goo.gl/i7oximfUs6thna8F6>
39. ICCSR 26000:2011 «Социальная ответственность организации»
40. А.В.Антоняк, «Корпоративная социальная ответственность в сфере защиты окружающей среды», Санкт-Петербург, 2017
41. Конституция Российской Федерации (1993). Конституция Российской Федерации: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 63 с.
42. Трудовой кодекс РФ, от 30.12.2001 № 197-ФЗ
43. Налоговый кодекс Российской Федерации: По состоянию на 1 января 2001 года, с учетом изменений и дополнений. Ч. 1-2. – Москва: Юрайт, 2001. – 276 с.
44. Федеральный закон от 28.12.2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», 2013.
45. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 24 с.
46. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. М.: Издательство стандартов, 2003. – 14 с.
47. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 24 с.
48. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
49. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2015.
50. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995.

51. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. М.: Стандартинформ, 2014.
52. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. М.: Издательство стандартов, 2001.
53. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. М.: Издательство стандартов, 1996.
54. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: Стандартинформ, 2018.
55. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314). М.: 2003, 35 с.
56. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. М.: Издательство стандартов, 2004.
57. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 1996.
58. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. М.: Издательство стандартов, 2003. – 14 с.
59. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96, «шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», Госкомсанэпиднадзора РФ От 31 октября 1996 г. N 36, Разработаны Научно-исследовательским институтом медицины труда Российской академии медицинских наук (Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н.,

- Прокопенко Л.В., Кравченко О.К.), Московским НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Карагодина И.Л., Смирнова Т.Г.).
60. Методические рекомендации №2257-80 по устранению и предупреждению неблагоприятного влияния монотомии на работоспособность человека в условиях современного производства. М: Госкомсанэпиднадзор, 1980.– 10 с.
61. Федеральный закон от 10.07.2012 № 117-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», 2012г.
62. Федеральный закон от 02.07.2013 №185-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ и признании утратившими силу законодательных актов РФ в связи с принятием ФЗ «Об образовании в РФ». М. Кремль. 2013г.
63. ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация опасности химических веществ и продукции».
64. ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»
65. [Электронный ресурс] Режим доступа: 03.mchs.gov.ru (<https://03.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/rekomendacii-naseleniyu/chs-prirodnogo-haraktera/pravila-povedeniya-pri-zemletryaseni>) «Правила поведения при землетрясении - ЧС природного характера».
66. Н.А.Гаврикова, Л.Р.Тухватулина, И.Г.Видяев, «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», Изд.ТПУ, 2014.