



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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка безопасности вод родников г. Томска на основе микробиологических исследований

УДК 543.9:556.364-027.47(571.16-25)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM12	Ващешина Анастасия Ивановна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хващевская Альбина Анатольевна	Кандидат геолого- минералогических наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук		

По разделу «Spring water safety assessment»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина Анна Александровна	Кандидат филологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Пасечник Елена Юрьевна	Кандидат геолого- минералогических наук		

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	+
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

(Подпись)

(Дата)

Пасечник Е.Ю.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2BM12	Ващешиной Анастасии Ивановне

Тема работы:

Оценка безопасности вод родников г. Томска на основе микробиологических исследований	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 23.12.22 № 357 – 3/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Объект исследования- подземные воды родников города Томска группы «Университетские» - родник «Дионисия» и родник «Университетский» Исходные материалы –результаты лабораторных наблюдений за химическим составом природных подземных вод родников (основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод) и микрофлорой, полученные автором в период 2021-2023 гг. и литературные данные.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1. Природные условия района исследований (по литературным данным); 2. История изучения природных вод на участке исследований; 3. Химический состав вод родников; 4. Распространенность и закономерности распределения микробного населения вод родников; 5. Временная изменчивость химического и микробиологического состава вод родников за период 2021-2023 г.; 6. Качество и безопасность вод родников группы «Университетские» и возможность их использования в рекреационных целях; 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 8. 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
Spring water safety assessment	Сыскина Анна Александровна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение
Оценка безопасности вод родников
Вывод

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хващевская Альбина Анатольевна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM12	Ващешина Анастасия Ивановна		

Оглавление

Реферат	7
Введение	10
1. История изучения родников	14
2. Физико-географические условия района исследований	16
2.1 Географическое и административное положение	16
2.2 Климат	17
2.3 Рельеф	19
2.4 Гидрология	20
2.5 Почвенный и растительный покров	21
2.6 Животный мир	22
2.7 Геологические условия	23
2.8 Стратиграфия	25
2.9 Гидрогеологические условия	27
2.10 Характеристика антропогенной нагрузки на территорию в области разгрузки родников	32
3. Методика исследований	35
3.1 Полевые работы (отбор проб)	35
3.2 Лабораторные исследования	37
3.2.1 Микробиологический анализ вод	37
3.2.2 Химический анализ вод	38
3.2.2.1 Органолептические показатели	39
3.3 Камеральные работы	42
4. Характеристика объекта исследований	43
5. Микробиологический состав вод родников	48
6. Химический состав вод родников	62
7. Оценка безопасности вод родников	67
8. Социальная ответственность	80
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	100
Вывод	130
Список использованной литературы	132
Приложение I (справочное)	139

Реферат

Выпускная квалификационная работа включает 148 страниц, 29 рисунков, 47 таблиц, 57 источников литературы, 1 текстовое приложение.

Ключевые слова: подземные воды, родники, микробиология, безопасность вод, анализ вод.

Объектом исследования являются природные подземные воды городской территории г. Томска из группы родников «Университетские».

Цель работы – оценка безопасности вод родников городской территории в микробиологическом отношении и возможность их использования в рекреационных целях.

В работе представлены физико-географические условия формирования состава подземных вод территории г. Томска, приведены современные данные химического и микробиологического состава подземных вод двух родников группы «Университетские» - Дионисия и Университетский. В результате исследования отмечены особенности поведения ряда компонентов состава вод, проведена оценка качества вод и их безопасности на основе микробиологических исследований.

В процессе исследования проводились: рекогносцировочные работы по изучению физико-географических особенностей территории исследования и расположению пунктов наблюдения; полевые работы по отбору проб подземных вод и описанию условий их выхода на дневную поверхность; лабораторные работы по изучению химического и микробиологического состава вод родников; камеральные работы по обработке фактических данных, оценке качества вод в условиях антропогенной нагрузки.

Полученная в результате исследований информация о микробиологическом состоянии природных подземных вод родников за 3-х летний период позволит продемонстрировать их безопасность и возможность использования в рекреационных целях в условиях существующей антропогенной нагрузки на подземные воды городской территории, а также разработать

комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы г. Томска и сохранить исторически-значимый и стратегически важный объект – комплекс родников «Университетские».

Магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, при построении таблиц использован табличный процессор Microsoft Excel 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, образовательными учреждениями при организации и развитие системы экологического образования и формирования экологической культуры на территории Томской области.

Экономическая эффективность/значимость работы Полученная информация может быть использована для дальнейшего наблюдения за составом природных подземных вод городской территории г. Томска в условиях антропогенного влияния. Данные по микробиологическому составу природных вод позволят выбрать мероприятия по уменьшению и/или ликвидации техногенного влияния с целью предотвращения изменения природного характера вод, что будет способствовать улучшению экологического состояния рекреационно - оздоровительной зоны в пределах исторической части города Томска.

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

ОЖ – общая жёсткость;

ПАВ - поверхностно-активные вещества;

М – общая минерализация;

НД – нормативные документы;

ГОСТ – государственный стандарт;

ГН – гигиенические нормы;

СанПиН – санитарные правила и нормы;

СП – санитарные правила;

ЗВ – загрязняющие вещества;

ИШПР – инженерная школа природных ресурсов;

ТПУ – Томский политехнический университет;

ГГХ – гидрогеохимия;

ИО – индекс олиготрофности;

МПА – мясо-пептонный агар;

ОМЧ – общее микробное число;

Введение

Водные ресурсы - важнейшая составляющая жизни. Нашу планету покрывает огромное количество воды и немалое её количество – это подземная вода и человек может наблюдать выход подземной воды на дневную поверхность в виде небольших источников – родников.

Томск – город тысячи родников. К такому выводу пришли гидрогеологи города, которые изучили выходы подземных вод на дневную поверхность и составили на основе полученных гидрологических данных карту родниковых полей.

Еще 70 лет назад водопроводов в Томске было мало, воду брали в основном из родников. А 120 лет назад практически все томичи пили родниковую воду. Один из первых водопроводов появился при строительстве Томского университета [1].

Наступила эпоха централизованного водоснабжения, которое есть практически в каждом доме, но некоторые жители города продолжают использовать родниковую воду, из соображений не только чистоты и природности, но и целебности, вместе с этим родники входят в состав рекреационных зон. В связи с этим появилась необходимость изучать микрофлору воды, так как она является компонентом природных вод и активно участвует в процессах формирования и изменения их химического состава. Изучение численности и видового состава микроорганизмов позволит оценить состояние вод с позиции их качества, а также выявить источник техногенной нагрузки на водные системы и тем самым своевременно предотвратить ухудшение качества вод.

В тоже время природные воды, как поверхностные, так и подземные, являются важным фактором среды обитания человека, определяющим условия его жизнедеятельности. В свою очередь микрофлора, являясь важным компонентом среды обитания человека, определяет санитарно-

эпидемиологическое благополучие населения [2,3]. Как указано в Федеральном законе №52, санитарно-эпидемиологическое благополучие населения - состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности. Это указывает на то, что оценка качества вод в микробиологическом отношении и установление их безопасности является актуальной.

Большую популярность среди населения города Томска имеет группа родников «Университетские», располагающихся в центре исторической части города. Но следует заметить, что область питания родников совпадает с городской территорией, в пределах которой имеется значительная антропогенная нагрузка – жилые микрорайоны, автомобильный транспорт, мусорные свалки и прочее. Поэтому важно оценить качество этих вод, в том числе их безопасность в микробиологическом отношении с позиции питьевого и рекреационного использования.

Для проведения исследований и оценки безопасности вод родников, разгружающихся в пределах рекреационного участка выбрано два родника из группы «Университетские», имеющих удобное расположение мест выхода, максимальную доступность для населения, обустроенность и высокую посещаемость соответственно.

Новизна работы заключается в исследовании безопасности вод родников и возможности их использования в рекреационных целях с позиции содержания бактерий в геохимических циклах различных элементов (железа, азота, серы и др.).

Объектом исследования являются подземные воды родников города Томска группы «Университетские» - родник «Дионисия» и родник «Университетский».

Цель работы – оценка безопасности вод родников городской территории в микробиологическом отношении и возможность их использования в рекреационных целях.

Задачи исследований:

1. Изучить природно-климатические и гидрогеологические условия формирования состава подземных вод городской территории г. Томска;
2. Изучить химический состав вод родников группы «Университетские»;
3. Изучить распространенность и закономерности распределения микробного населения вод родников группы «Университетские»;
4. Изучить временную изменчивость химического и микробиологического состава вод родников группы «Университетские» за период 2021-2023 г.;
5. Оценить качество и безопасность вод родников группы «Университетские» и возможность их использования в рекреационных целях.

Исходные данные и методы исследования. В основу работы положены данные лабораторных наблюдений за химическим составом природных подземных вод родников (основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод) и микрофлорой, полученные автором в рамках научно-исследовательских работ в период прохождения практики. Отбор проб воды проводился автором совместно с сотрудниками Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии (ПНИЛ ГГХ) ИШПР ТПУ вовремя специально организованных выходов. Отобранные пробы транспортировались в аккредитованную лабораторию ПНИЛ ГГХ, где производились лабораторные исследования химического состава с применением методов титриметрии, спектрофотометрии, потенциометрии и пр. Микробиологический состав определялся методами классической микробиологии. Оценка безопасности вод в микробиологическом

отношении проводилась на основе анализа данных по количеству и видовому разнообразию групп микроорганизмов.

Научная новизна. В ходе проведенной работы на исследуемой территории были получены новые данные о количественном составе и видовом разнообразии микроорганизмов, населяющих подземные воды городской территории, проанализирован и обобщен фактический материал о распространенности в водах широкого спектра химических компонентов за 3-х летний временной период. На основании полученных результатов дана оценка безопасности подземных вод родников города Томска, используемых в рекреационных целях.

Апробация работы. Основные положения и отдельные разделы выполненной работы докладывались на научном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых им. Академика М.А. Усова (Томск, 2022 - 2023 г.).

Работа выполнена в ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ и является составной частью научно-исследовательской работы лаборатории.

Благодарность. Выражаю благодарность сотрудникам ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ Наливайко Н.Г., Гостевой И.А., Куровской В.В., Погуца А.С., Бирко Э.С. в организации полевых работ и лабораторных исследований.

1. История изучения родников

История изучения родников г. Томска начинается с 19 века. Первый водозабор подземных вод в Томске, для централизованного водоснабжения Университетского студенческого городка, был построен благодаря водам родников Сибирского Ботанического сада в 1885 году. История гласит, что город с момента рождения и до появления речного водозабора, в 1903 году, а иногда и в настоящее время, использует родниковую воду в качестве питьевой.

Первый в России Сибирский ботанический сад является особо охраняемой природной территорией рекреационного назначения [4]. Он основан ботаником и флористом, педагогом Томского государственного университета Порфирием Никитичем Крыловым в 1885 году на территории Томского государственного университета (территория в настоящее время известна также под названием «Университетская роща»), на территории которого расположен целый комплекс родников. Как отмечалось ранее, в 1885 году, родниковая вода Сибирского Ботанического сада была использована для создания в Томске первого водозабора подземных вод, для централизованного водоснабжения университетского городка строителем Ренкуль Николаем Амандовичем. С этого момента началось изучение эколого-геохимического состояния выхода подземных вод на дневную поверхность территории города Томска, которое продолжается уже более 120 лет.

Эдуард Александрович Леман, один из первых профессоров Императорского Томского университета, первым предложил название «Университетские родники» для источников, находящихся на территории ботанического сада и таким образом описал устройство водохозяйственной системы: «Ключи университетские, лежащие у подножия откоса университетского парка, перехвачены и обустроены деревянными резервуарами с двойною крышею и люками наверху. Вода этих ключей бесцветна, прозрачна, без запаха, пресная, освежающего вкуса, температура 7,5 градуса Цельсия» [5].

Большое количество воды университетских родников, которые считались крупными, давали в сутки до 10 тысяч ведер воды. Николай Амандович построил Университетский родниковый водопровод по последнему слову техники: дренажная система, паровая водоподъемная машина, напорная башня. Так появился первый, локальный Томский водопровод. Университетские родники, или ключи, достаточно хорошо защищены от влияния внешних факторов и их вода, практически не содержала или содержала в меньшей степени какие-либо примеси [4].

В 1992 году, доцент отделения геологии Томского политехнического университета, Александр Дмитриевич Назаров провел достаточно большую работу по изучению подземных выходов вод на дневную поверхность города Томска и его окрестностей в виде анализа химического и микробиологического состава и в следствие чего в своих работах он дает ландшафтно-родниковое районирование города Томска и предлагает проекты обустройства родников [4, 6, 7].

В 2004 году на территории города Томска Евгением Вертманом и Александром Дмитриевичем Назаровым было выявлено и изучено 1014 родников, 179 ручьев и рек, 170 прудов и озёр. 638 родников и 54 ландшафтно-родниковых мегазон отнесены к наиболее ценным водным объектам [4].

В районе Ботанического сада расположено - 7 родников и в районе Университетского озера также находится 7 родников, по которым и велись периодические режимные наблюдения.

В разное время родники города изучались инженером-микробиологом, кандидатом геолого-минералогических наук - Ниной Григорьевной Наливайко, доктором геолого-минералогических наук - Екатериной Матвеевной Дутовой. Елена Юрьевна Пасечник в 2010 году защитила кандидатскую диссертацию по теме «Эколого-геохимическое состояние природных вод территории г. Томска (правобережной части р. Томь)».

2. Физико-географические условия района исследований

Город Томск относится к юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и находится на Обь-Томском междуречье и правобережном склоне реки Томь, в лесо-таежной ландшафтной зоне с нормальной увлажненностью и теплообеспеченностью, а также с благоприятными физико-географическими условиями питания подземных вод [8].

2.1 Географическое и административное положение

Исследуемая территория располагается в пределах города Томска, являющегося административным центром Томской области, которая входит в Сибирский федеральный округ и граничит с Тюменской, Омской, Новосибирской, Кемеровской областями и Красноярским краем. Сам город находится на правом берегу реки Томи в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, на границе её с Томь-Колыванской складчатой зоной [9].

Площадь города составляет 294,6 км². Томск разделён на 4 внутригородских административно-территориальных образований: Кировский, Советский, Ленинский и Октябрьский районы. Численность населения по состоянию на 1 января 2020 года 597 819 человек [10]. По числу жителей Томск относится к средним для России городам.

Объект исследования (родники «Университетский» и «Дионисия») приурочен к территории Кировского района города и находятся в пределах Московско-трактовой ландшафтно-родниковой мегазоны, которая проходит по Московскому тракту и Источной улице, опоясывая надпойменную террасу и склон прибрежной части реки Томи от коммунального моста и до устья реки Ушайки. Описываемая аквазона расположена в части города, считающейся исторической, на въезде в город со стороны коммунального моста и фактически является своеобразной визитной карточкой областного центра.

Административно-территориальные образования представлены на рисунке

1.



Рисунок 1 – Карта-схема административного деления г. Томска [9]

2.2 Климат

В городе Томске наблюдается ярко выраженный континентальный климат, с длительной холодной зимой и недолгим жарким летом. Увлажнение равномерное. Также прослеживается резкое изменение погоды за короткий промежуток времени. [11].

Климат описывается по данным наблюдения на Томской метеостанции, которые приведены за многолетний период в «Научно-прикладном справочнике по климату СССР» 1993 года и СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [11].

Согласно СП 131.13330.2012, средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца равна $24,3^{\circ}\text{C}$. Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца составляет $11,3^{\circ}\text{C}$, наиболее холодного месяца $8,2^{\circ}\text{C}$. Продолжительность периода с температурой воздуха $\leq$

0°С составляет - 176 суток, средняя температура этого периода -11,8°С. Средняя месячная и годовая температуры воздуха представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Средняя месячная и годовая температуры воздуха

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Томск	-17,9	-15,7	-7,7	1,2	9,7	15,9	18,7	15,3	9	1,3	-8,5	-15,4	0,5

В теплый период года возможны поздние весенние и ранние осенние заморозки.

Абсолютный максимум температуры воздуха за многолетний период равен 35°С. Абсолютный минимум температуры воздуха -55°С. Средняя многолетняя годовая температура воздуха по метеостанции Томск равна 0,5°С.

В городе может наблюдаться неравномерное выпадение осадков в течение года, количество которых представлено в таблице 2. Осадки за теплый период (IV-X) - 377 мм, за холодный период (XI – III) – 171 мм. Как видно из таблицы 2 - годовое количество осадков составляет - 591 мм. Суточный максимум осадков равен 76 мм.

Таблица 2- Атмосферные осадки метеостанции Томск

Характеристика	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
среднемесячное и годовое кол-во осадков, мм	34	23	28	31	51	67	77	76	49	55	58	42	591

Ветра южного направления считаются преобладающими в Томске, поэтому важно и логично размещать промышленные предприятия в северной части города, либо за городом к северу от него. В среднем, в году скорость ветра составляет - 3,6 м/с и представлена в таблице 3. Благодаря тому, что скорость ветра небольшая, она препятствует обменным движениям в приземном слое атмосферы и способствует накоплению вредных примесей в городе. Роза ветров

Томска, так же как и повторяемость ветра представлены на рисунке 2. Даже в самые ветреные месяцы года (декабрь и март) повторяемость слабых ветров превышает 46%. Летом она достигает 73% [11, 12].

Таблица 3- Скорость ветра, м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	го д
4,2	4,1	4,1	3,6	3,5	2,9	2,5	2,5	3,0	3,9	4,2	4,2	3,6

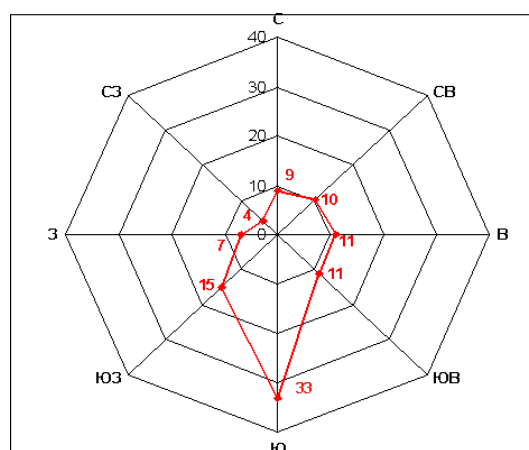


Рисунок 2 - Роза ветров г. Томска, повторяемость ветра, %

2.3 Рельеф

Региональный центр расположен на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. В Томске есть несколько элементов речной долины: пойма, терраса и междуречье водоразделов Томь — Малая Киргизская и Томь — Ушайка. Высота над уровнем моря в Томске составляет 80-140 метров. Абсолютные отметки выхода источников находятся в диапазоне от 100 до 120 метров и чаще всего образуются на склонах, в оврагах.

Город выделяется сочетанием ровной местности со склонами речных долин, где из-за необычных гидрогеологических условий происходит сброс грунтовых вод, бывает, что начинают работать склоновые процессы. Вместе с этим на данной обрывистой территории есть много глубоких оврагов [8].

2.4 Гидрология

Воды рек, озер, болот области являются частью, составным звеном, внутренних вод России и гидросферы. Томская область богата водами. Это объясняется, прежде всего, её влажным климатом. Большое значение имеет соседство Кузнецкого Алатау и Алтайских гор. Они, как и болота водоразделов, являются мощными накопителями воды.

Реки – самые активные звенья мирового оборота влаги, площадь которых, вместе с озёрами, составляет 2,5% всей территории области, вместе с этим 30% приходится на болота. В пределах Томской области большое количество рек, более 600, общая длина которых больше 40 тыс. км. Около половины всех этих рек имеют длину менее 100 км и относятся к числу малых рек. Все реки области по типу водного режима относятся к рекам с весенним половодьем, они принадлежат к бассейну Оби, одной из крупнейших рек России.

Реки Обь и Томь – основные реки Обь-Томского междуречья, в которое входит часть земель Томского района и Томского водозабора.

Обь - самая крупная река в Западной Сибири, образуется слиянием двух рек - Бии и Катунь, которые берут начало в горах Алтая. Общая длина Оби - 3650 км, а площадь бассейна - 2 млн 900 тыс. км². Длина отрезка Оби в пределах нашей области равна 1065 км, также имеет широкую (до 30 км) пойму и прокладывает свой путь в песчано-глинистых отложениях [13].

В 2000 г. среднегодовой многолетний расход воды р. Оби (гидропост п. Могочино) составил 4110 м³/с, основная доля питания приходится на талые снеговые воды, меньшая – на подземный сток и дожди [14].

Но больший интерес для нас представляет река Томь, так как является своеобразным «приёмником» вод родников, которые являются темой данной магистерской диссертации.

Начало главной реки Томска пришлось на западные склоны Абаканского хребта, где она впадает в Обь на расстоянии 65 км ниже Томска. Общая длина

Томи - 839 км, из них около 120 приходится на нашу область. В верховьях Томь - горная река и течёт в узкой долине. Большие уклоны реки определяют и большие скорости течения, интенсивную глубинную эрозию. С выходом на Западно-Сибирскую равнину Томь становится равнинной многоводной рекой, но русло ее изобилует перекатами даже в нижнем течении. В районе Томска среднегодовой расход равен $1090 \text{ м}^3 / \text{с}$. Здесь река транспортирует и откладывает в русле гальку, гравий, песок, глину. Для режима Томи свойственно не только высокое весеннее половодье, связанное с таянием снега, но и резкие подъемы уровня в периоды выпадения обильных дождей в горах [13].

Поверхностные воды Обь-Томского междуречья достаточно сильно уязвимы к антропогенному загрязнению, что видно по достаточно большой техногенной нагрузке, которая и отмечается из-за деятельности промышленных и сельскохозяйственных предприятий в населённых пунктах, расположенных, главным образом, по берегам рек. Значительное загрязнение поверхностных вод происходит в результате сбросов в них неочищенных стоков [15].

2.5 Почвенный и растительный покров

Почвенный покров территории представлен комплексом различных почвенных форм. По данным К.А. Кузнецова (1949 г.) каждый геоморфологический элемент характеризуется определённым типом почвенного покрова: первая надпойменная терраса – луговые, лугово-болотные, торфяники; вторая надпойменная терраса – подзолы и сильно подзолистые почвы; третья надпойменная терраса – деградированные серые и светло-серые подзолистые, а также черноземовидные почвы. На участках, где развиты черноземы, серые, лесные темно-серые почвы, обычно, распространены лессовидные породы.

Болотно-низинные почвы формируются, обычно, в депрессиях рельефа при близком залегании грунтовых вод. В торфах этих почв преобладают остатки евтрофной, реже мезотрофной растительности. Такие торфа, обычно,

характеризуются более высокой зональностью и степенью разложения. Обычно, болотные почвы рассматриваются, как мелиоративный фонд [16,17].

В связи с разнообразием рельефа и условий дренированности, растительный покров отличается большим разнообразием. Местами наблюдается сильное антропогенное влияние. По схеме почвенно-ботанического районирования (Коженкова, Тюменцев 1962) правобережье реки Томи входит в состав Томского подтаежного района, который является переходным от темнохвойной тайги и сосновых лесов к березовым лесам и лесным лугам. Темнохвойная тайга сохранилась лишь островами. Основными являются березовые леса и осина. На высоких террасах реки Томи растут сосновые боры. Травянистый покров высокий и густой в виде лесных лугов [16,17].

Пашни приурочены к наиболее выположенным, удобным для сельскохозяйственной обработки, элементом рельефа с серыми, лесными светло-серыми почвами. Негативное влияние сельскохозяйственного освоения земель человеком, проявляются в виде начальных форм эрозийного процесса, выноса гумуса из верхних горизонтов и бесструктурности земель. Луга, используемые под сенокосы, местами зарастают лиственными породами, их состояние и кормовое качество несколько выше, чем у выгонов, поэтому для повышения продуктивности сенокосов требуется поверхностное улучшение. Низинные луга отмечены редко, как правило, в долинах малых рек, и представлены крупнозлаковыми лугами.

2.6 Животный мир

По своему ландшафтно-экологическому облику Томская область является равнинно-таёжной. Из общей площади области (31439,1 тыс. га.) к лесным угодьям относится 20022,4, к полевым – 1365,3, к болотным – 9146,6 тыс. га. Акватории различных водоемов составляют 610,4 тыс. га., заняты прочими угодьями 294,4 тыс. га. Поэтому в составе ее фауны более половины всех видов

животных в той или иной степени связаны с лесами или их производными, и около трети всех видов тяготеет к водным и водно-болотным угодьям.

Животный мир Томской области насчитывает 2000 видов. Из них 1500 видов составляют различные группы беспозвоночных: 1 вид – круглоротых, 33 вида рыб, 6 видов амфибии, 4 вида рептилий, 326 видов птиц и 62 вида млекопитающих. Фауна позвоночных, населяющих Томскую область изучена достаточно хорошо благодаря многолетним исследованиям зоологов и ихтиологов Томского госуниверситета, Томского государственного педагогического университета, а также Биологического института Сибирского отделения академии наук (г. Новосибирск). Более многочисленные и разнообразные группы беспозвоночных изучены слабее.

По характеру пребывания на территории области большинство видов амфибий, рептилий и млекопитающих ведет оседлый или оседло-кочевой образ жизни, регулярные перелеты совершает только часть видов рукокрылых.

Орнитофауна Томской области по своему историческому происхождению носит характер сибирско-европейский со значительной долей участия транс палеарктических видов. Среди птиц большинство составляют перелетные виды – 147, оседло-кочевые – 48, пролетные (пересекающие территорию области, но не размножающиеся в ее пределах) – 39 и зимующие (появляются только в зимний период) – 4 вида. Зимний аспект орнитофауны колеблется в разные года от 30 до 60 видов птиц в зависимости от урожая кормов и погодных условий [19].

2.7 Геологические условия

Район располагается во внешней области Западно-Сибирского артезианского бассейна, где все водоносные комплексы находятся в обстановке интенсивного водообмена и содержат инфильтрационные воды, имеющие сходный гидрогеохимический облик. Только в северной части междуречья воды верхнемеловых и палеозойских отложений находятся в зоне замедленного водообмена [13].

По существующей схеме структурно-гидрогеологического районирования Западно-Сибирского артезианского бассейна [12] в пределах Обь-Томского междуречья выделяют четыре типа гидрогеологических комплексов: водонапорные системы трещинных вод палеозойского фундамента, водоносный комплекс меловых отложений (нижний и верхний гидрогеологические этажи), водоносные комплексы палеогеновых и четверичных отложений (верхний гидрогеологический этаж).

На рисунке 3 представлена геологическая карта территории города Томска. Основание стратиграфического разреза в районе города представлено отложениями нижнего карбона, которые К.В. Ивановым (1956) расчленены на два яруса: турнейский и визейский.

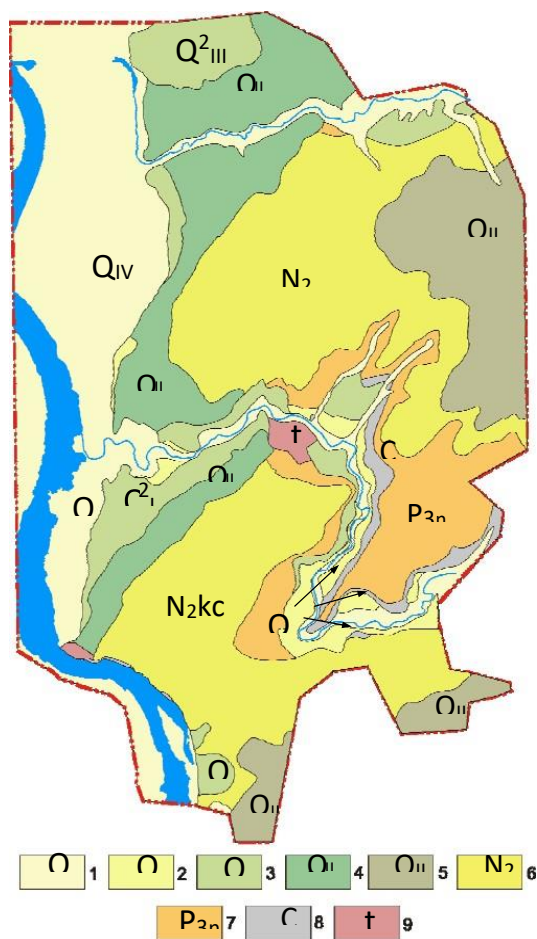


Рисунок 3 - Геологическая карта территории г. Томска. М:1:25000

[Егоров Б.А.,1997]:

1 – современные аллювиальные отложения пойм (QIV); 2 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения первой надпойменной террасы рр.Томи, Ушайки (Q¹III); 3 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы рр. Томи, Ушайки, Киргизки (Q²III); 4 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р.Томи (Q³III); 5 – среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения тайгинской свиты (QII_{tg}); 6 – верхнечетвертичные плиоценовые отложения кочковской свиты (N₂кс) (с 2015 года QIэ) 7– верхнепалеогеновые олигоценовые отложения новомихайловской и лагерносадской свит (P₃nm-lg); 8 – нижнекаменноугольные отложения (C1); 9 – техногенные отложения (tQIV).

2.8 Стратиграфия

Согласно 16 тому гидрогеологии СССР [12], выделяются следующие геологические породы: 1. Палеозойская эратема PZ, Каменноугольная система C Нижнекаменноугольный отдел C₁, 2. мезозойская эратема MZ, 3. новомихайловская свита P₃nm, 4. Неогеновая система N Кочковская свита N₂кс, 5. Четвертичная система Q, 6. Нижнечетвертичное звено Q₁ Тайгинская свита Q₁tg, 6. Нижнечетвертичное звено Q₁ Тайгинская свита Q₁tg, 7. Среднечетвертичное звено Q_{II}, 8. Средне-верхнечетвертичные звенья Q_{II} – III, 9. Верхнечетвертичное и современное звенья. Турнейский ярус C₁t, залегает в основании нижнего карбона, начинает распространяться к востоку от города и открывается у верховья рек Ушайки и Басандайки. Это темные алевролиты и алевролито- глинистые сланцы с частыми прослоями известковистых пород с отпечатками брахиопод. В районе Томска преимущественно распространены отложения визейского яруса C₁v, в котором К.В. Иванов выделил две свиты (снизу-вверх): глинисто-сланцевая – лагерносадская P₃lg; сланцевато-песчаная – басандайская C₁bs. Нижняя глинисто-сланцевая свита согласно залегает на отложениях турнейского яруса. Эта свита обнажается в южной части города на правом берегу реки Томи под Лагерным садом на глубине 30 – 40 метров [12]. Обычные осадочные отложения мезозойского возраста на территории города отсутствуют. В меловом периоде на отложениях нижнего карбона и диабазах

предположительно юрского возраста сформировались элювиальные образования коры выветривания. Это породы глубокой химической переработки песчано-глинистых сланцев и диабазов. Они просматриваются в обнажениях на правом берегу реки Томи от мыса «Боец» до села Каларово, в правом борту долины реки Ушайки. Данная свита состоит из алювиальных и алювиально-озерных глин, алевролитов с прослоями лигнитов и углей бурого цвета. Отложения свиты выполняют изолированные депрессии в палеозойском фундаменте – древние речные долины и озерные котловины. Состав их существенно глинистый на Томь-Яйском междуречье становится более песчаным на левобережье реки Томи. Отложения свиты в пределах Томского выступа залегают непосредственно на породах фундамента, в других случаях на породах верхнего мела или Новомихайловской свиты. Кочковская свита представлена бурыми и красновато-бурыми, реже зеленовато-бурыми, очень плотными глинами. Четвертичные отложения широко развиты на территории города Томка, на водоразделах и в долинах рек Томи, Ушайки, Малой Киргизки и Басандайки. Самыми древними на территории города четвертичными отложениями являются так называемые “Тайгинские глины”. Они залегают на самом основании разреза антропогена на водоразделе рек Томь-Чулым (Томь-Яя), перехватывая с размывом кору выветривания и отложения олигоцена. Ко второй половине нижнего плейстоцена отнесены и древнеаллювиальные галечники, и косослойные пески, вскрытые в районе станции Томск –2 и Иркутского тракта. К среднему плейстоцену отнесены озерно-аллювиальные Ia II отложения водораздела и аллювиальные Q⁴II отложения четвертой надпойменной террасы реки Томи. Озерно-аллювиальные отложения имеют сравнительно небольшую мощность (от 1 до 11 м) и повсеместно залегают по лессовому покрову, перекрывая нижнечетвертичные отложения. Обнажения террасы вскрываются под Лагерным садом. Здесь, в основании разреза среднего плейстоцена залегают галечники, мощностью до 1 м, перекрываемые песками и линзами гравия и гальки мощностью до 6 метров.

Галечники хорошо сортированы, окатаны и лежат с явно выраженным размывом на олигоценых отложениях. Ко второй половине среднего, началу верхнего плейстоцена отнесен аллювий Q^3_{III} третьей надпойменной террасы, залегающий с резким размывом на породах четвертой террасы. Верхнечетвертичные и верхне-среднечетвертичные звенья Отложения представлены аллювием второй надпойменной террасы реки Томи и ее притоков Q^2_{III} субаэральным покровом лессовых пород Sa_{III} , $Sa_{II} - III$. Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы представлены в основании галечником, гравием с песчаным заполнителем, местами супесью с линзами песка. Отложения слагают аллювий первых надпойменных террас Q^1_{III} и поймы Q_{IV} . Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы просматриваются по долинам реки Томи и ее притокам в виде узких площадок [12]. Изверженные породы в Томске представлены двумя генерациями даек, прорывающими глинистые сланцы и песчаники нижнего карбона. Вскрываются в обнажениях под лагерным садом, по долине р. Ушайки, в устье Басандайки. Дайки сложены долеритами, диабазами. Мощность их составляет до 50 метров [12].

2.9 Гидрогеологические условия

Подземные воды палеогеновых отложений используются наиболее широко в Томске и области, как централизованно, так и не централизованно, зачастую для хозяйственных и питьевых целей. По химическому составу воды децентрализованных источников преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые [18].

Основная часть естественных ресурсов подземных вод формируется в неоген-четвертичном водоносном комплексе, где наиболее благоприятные условия восполнения запасов, а также в палеогеновом, что объясняется большой мощностью водовмещающих отложений и благоприятными условиями дренажа крупными реками и их притоками.

В 1974 году на территории Обь-Томского междуречья проводилась оценка естественных ресурсов подземных вод четвертичных, верхнеплиоценовых и палеогеновых отложений, которые составили 500 тыс. м³/сут [19].

Схематический гидрогеохимический профиль представлен на рисунке 4.

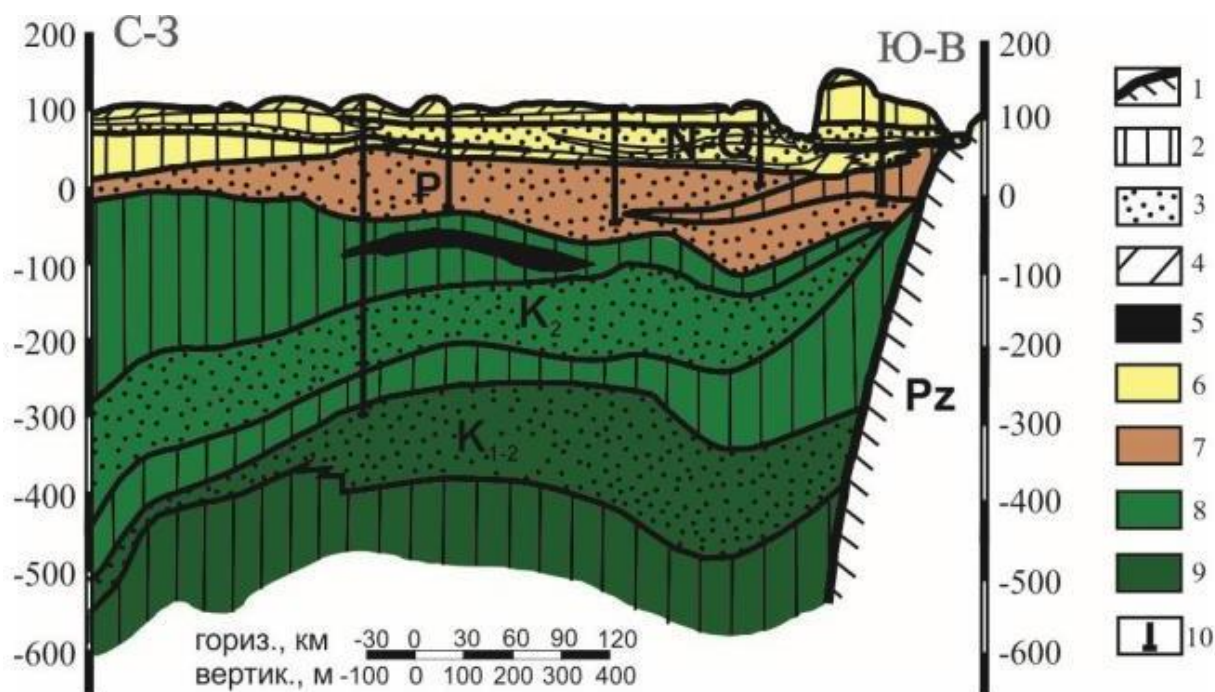


Рисунок 4 - Схематический гидрогеохимический профиль. Составлен на основе геологического разреза [9].

1 – фундамент; 2 – глина; 3 – песок; 4 – суглинок; 5 – железная руда; 6–9 – площади распространения вод с минерализацией (в г/л) различного ионно-солевого состава: 6 – 0,1–0,6 (HCO₃Ca и HCO₃CaMg, pH 6,3–7,2); 7 – 0,2–0,9 (HCO₃Ca, pH 6,4–7,5); 8 – 0,4–1,2 (HCO₃Ca и HCO₃Na, pH 6,9–8,6); 9 – 1,4–2,7 (ClHCO₃Na и ClNa, pH 7,3–8,3); 10 – скважины [17].

В 1983 году оценка естественных ресурсов подземных вод междуречья была выполнена гидродинамическим методом расчёта расхода подземного потока с учётом инфильтрационного питания [20].

Минимальный средневзвешенный модуль подземного стока (для четвертичного и верхнеплиоценового водоносных горизонтов) на Обском склоне равен 1,54 л/с км², среднегодовой модуль подземного стока, определённый по величине инфильтрационного питания, равен 3,9 л/с км². На Томском склоне

минимальный модуль подземного стока, равен 2,57 л/с км², среднегодовой модуль подземного стока, определённый по величине инфильтрационного питания, равен 4,2 л/с км². Минимальные естественные ресурсы четвертичных и верхнеплиоценовых водоносных комплексов на площади Обь-Томского междуречья равны 482795 м³/сут.

Минимальный модуль подземного стока (палеогеновый водоносный комплекс) на Обском склоне равен 1,29 л/с км², на Томском склоне – 1,47 л/с км². Минимальные естественные ресурсы палеогенового комплекса равны 286682 м³/сут.

Гидрогеологические условия территории города Томска предопределяются особенностями геологического строения. На рисунке 5 представлена схематическая гидрогеологическая карта города. На схеме явно выделены 2 этажа по структуре. Основание представлено плотными дислоцированными трещиноватыми породами палеозоя, на котором залегают рыхлые песчано-глинистые отложения мезо- кайнозойского возраста, которые можно увидеть на рисунках 6, 7. Роль раздельного слоя между ними выполняет глинистая кора выветривания мел-палеогенового возраста. В соответствии с особенностями залегания водопроницаемых горных пород, общими условиями их питания и разгрузки в пределах территории г.Томска можно выделить водоносный комплекс четвертичных отложений, водоносный комплекс неоген-палеогеновых отложений и водоносный комплекс палеозойских отложений, представленные на рисунке 8. [Кузеванов и др. 1997; Кузеванов, 1998, 1984; Карлсон и др., 1975].

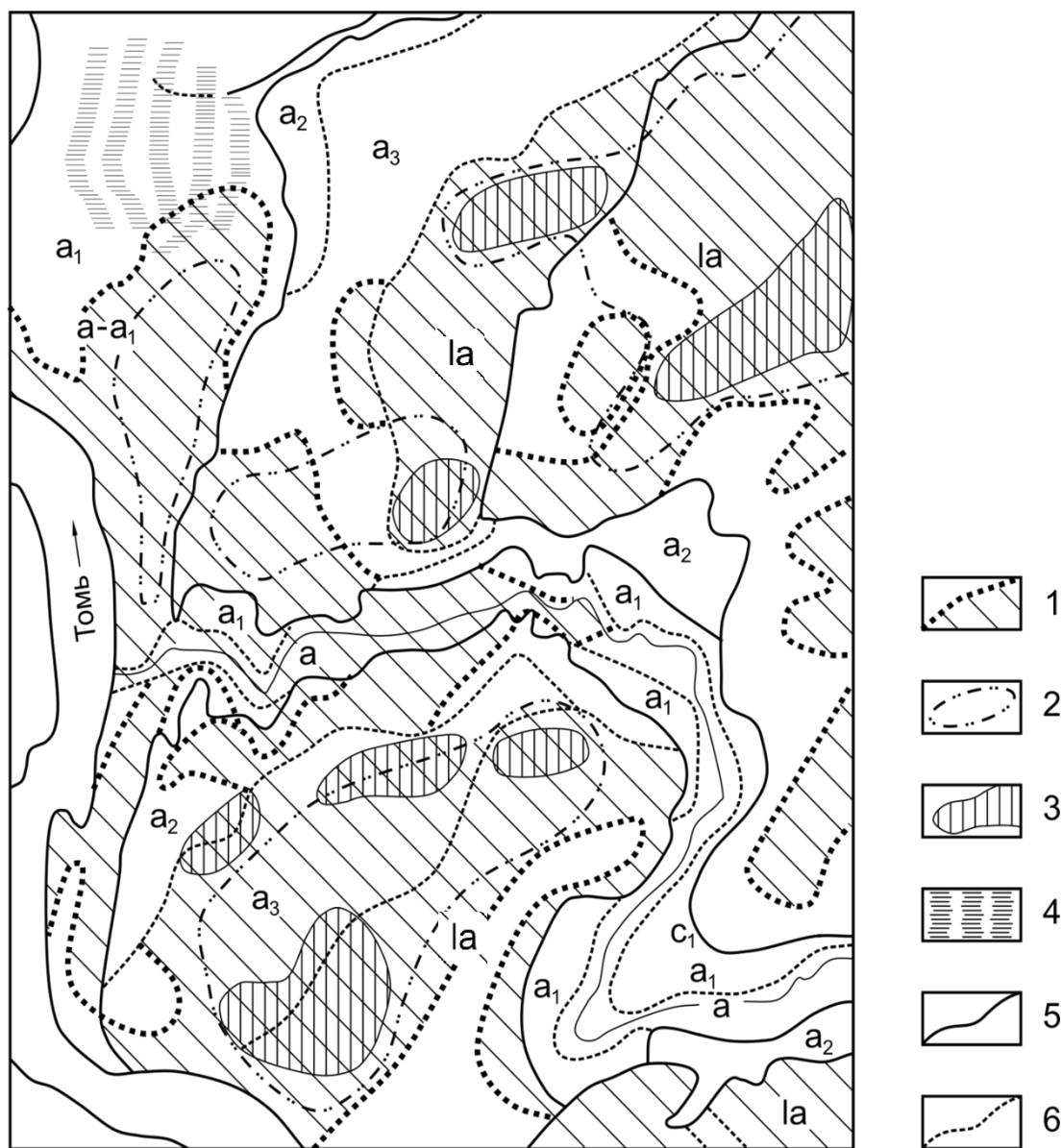


Рисунок 5 - Схематическая гидрогеологическая карта г. Томска (Покровский и др., 1987).

1 – территории, со структурой, благоприятной для формирования техногенной верховодки и образования подтоплений; 2 – контуры развития верховодки; 3 – участки развития подтопления; 4 – заболоченные участки; 5 – границы водоносных горизонтов; 6 – границы геоморфологических элементов. Буквами обозначены водоносные горизонты низких (а – низкая и высокая поймы, а1 – первая надпойменная) и высоких (а2 – вторая, а3 – третья, а4 – четвертая надпойменные) террас, водораздела (la) и водоносный комплекс карбоновых отложений (с1).

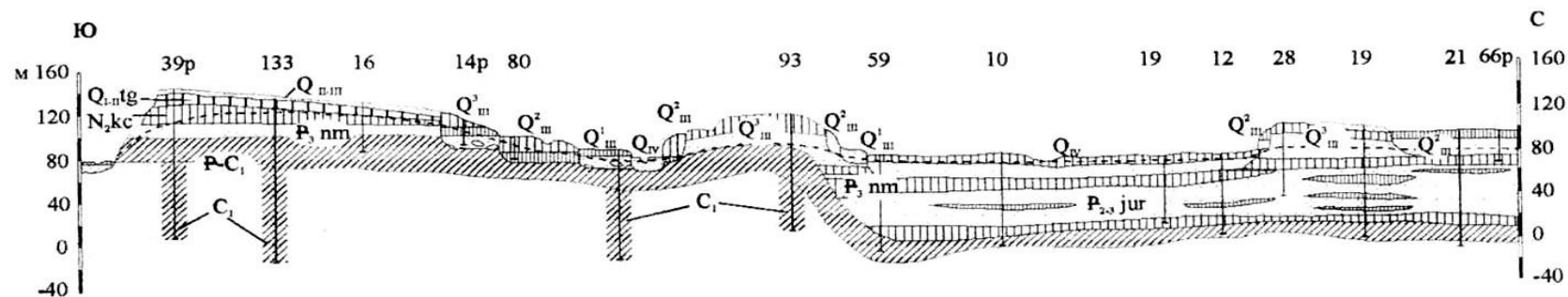


Рисунок 6 - Гидрогеологический разрез по линии Лагерный сад – Черемошники (по Г.Л.Плевако, 1987).

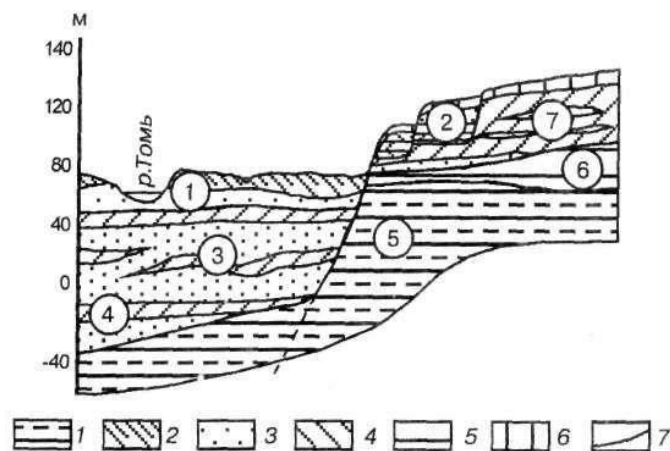


Рисунок 7 - Схема залегания водоносных горизонтов (Покровский, Кузеванов, 1999):

1– аргиллиты, алевролиты, песчаники; 2 – суглинки; 3 – пески; 4 – супеси; 5 – глины; 6 – покровные отложения; 7 – литологические границы. Цифры в кружках – водоносный горизонт: 1 – низких террас, 2 – высоких террас, 3 – отложений палеогена; 4 – водоносный комплекс меловых отложений; 5 – мел–палеогеновая кора выветривания; 6 – коры выветривания; 7 – водоносный горизонт отложений водораздела

2.10 Характеристика антропогенной нагрузки на территорию в области разгрузки родников

Города — концентраторы промышленности, населения, водопотребления и сброса загрязненных вод. Одной из проблем загрязнения вод является — урбанизация и рост населения, которые сосредоточивают производство, а также людей на ограниченной территории [21].

На территории г. Томска сосредоточено достаточное количество объектов социально - культурного назначения, а также жилых микрорайонов. Вблизи расположены учебные и административные корпуса Томского государственного и Томского политехнического университетов, Сибирского медицинского университета, Госпитальные клиники, жилые помещения, студенческие общежития, здания и экспериментальные площадки Сибирского ботанического сада. Рядом с исследуемой территорией, в непосредственной близости, работают производственные предприятия - корпуса Томского электролампового и Томского электромеханического заводов. Томск является городом с достаточным количеством университетов, поэтому на территории Кировского района присутствует большое количество пунктов общественного питания (кафе, рестораны, бары), магазины.

Современные жилые микрорайоны имеют большие и удобные парковки для автотранспорта, которые практически не имеют пустых мест, чего не скажешь о парковке автомобилей в местах плотной застройки, которая осуществляется на газонах, а это влечет за собой повреждение травяного покрова, вынос на дорожную поверхность почвенно-гравийного материала, а затем его попадание в ливневый сток.

Значительная часть района покрыта дорожным полотном, например, два широких проспекта — Ленина и Кирова. Большая часть автомобилей скапливается на данных проспектах, поэтому поступающие с выхлопными газами

углеводороды оседают на эту дорожную поверхность и попадают в ливневые стоки с дорог.

Для предупреждения неблагоприятной дорожной обстановки (гололед) на дорогах, машины спецавтохозяйства покрывают дорожное полотно песчаными смесями, содержащими соль, что влияет на увеличение содержания натрия и хлора в ливневых стоках с дорог.

Деятельность человека также может пагубно воздействовать на подземные воды. Так, отходы жизнедеятельности, выделяются отдельно среди источников воздействия на окружающую природную среду. На территории Сибирского ботанического сада в районе озера «Университетское» можно увидеть спрессованный строительный мусор и части разрушенных зданий. Участок территории Томского электромеханического завода сложен строительным мусором и разрушенными зданиями в виде склона на западной части озера «Политехник».

На территории самого водосбора родников присутствуют отходы пищевой продукции и упаковочный материал.

Также и бездействие человека в отношении ухода за родниками, можно отнести к антропогенной нагрузке.

Фотоматериал с элементами антропогенного загрязнения родников представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 – Антропогенное загрязнение территории разгрузки родников
(Фотоматериал автора)

3. Методика исследований

Исследования вод родников включает несколько этапов:

- Литературный обзор и работа с публикациями по теме исследования;
- Полевые наблюдения и отбор проб вод;
- Лабораторные исследования химического и микробиологического состава вод;
- Камеральные работы - анализ данных по химическому и микробиологическому составу вод родников, описание объектов исследования, оценка качества вод;
- Оценка временной изменчивости химического и микробиологического состава вод за 3 летний период наблюдения.

3.1 Полевые работы (отбор проб)

Полевые работы проводились в осенний период 2021-2022 гг. (октябрь), весенний период 2022-2023 гг. (март) и включали в себя:

- исследование и описание мест расположения выходов родников на дневную поверхность;
- отбор проб воды родников;
- измерение температуры и расхода воды в родниках.

Описание места расположения родников представлено в главах 2, 4 данной магистерской диссертации.

Отбор проб воды проводился автором, в специально подготовленную посуду в объеме необходимом для определения макро - и микрокомпонентного состава вод и микрофлоры, а также с учетом ряда требований ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [25].

Для определения общего химического состава воды была использована чистая, пластиковая бутылка из-под негазированной питьевой воды, объемом 2 литра, который необходимом для определения макро - и микрокомпонентного

состава вод. Стерилизация бутылки для химического анализа не требуется. Перед взятием пробы посуда промывалась исследуемой водой несколько раз, затем бутылку наполнили до краёв водой и плотно закрыли крышкой, сразу после отбора проб бутылка с водой была доставлена в проблемную научно-исследовательскую лабораторию ГГХ ИШПР ТПУ для проведения химического анализа.

Отбор проб для микробиологического анализа производился в стерильную стеклянную посуду, объемом 500 мл, плотно упакованную в бумагу, для предотвращения попадания сторонних микроорганизмов в пробу. Фотоматериал данной тары представлен на рисунке 9

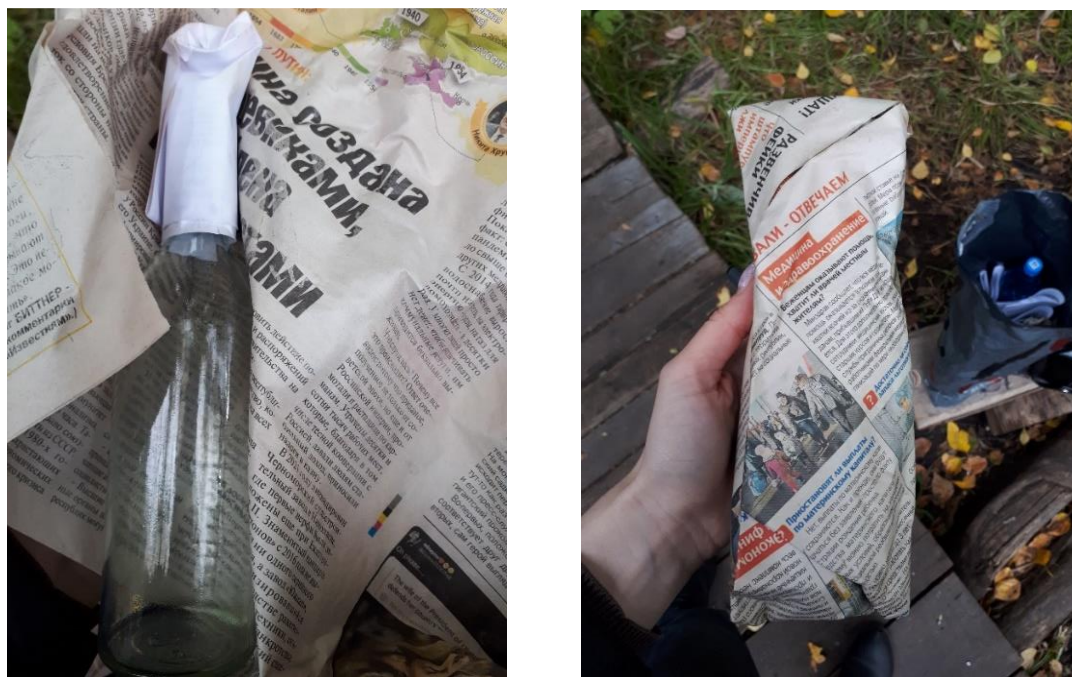


Рисунок 9 - Посуда для отбора проб на микробиологические исследования
(фото автора)

Разворачивалась посуда непосредственно перед наполнением, после взятия пробы была плотно закрыта крышкой, затем сразу доставлена в проблемную научно-исследовательскую лабораторию ГГХ ИШПР ТПУ для проведения посевов и последующего выявления микроорганизмов. Отбор весенней пробы автором представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Отбор весенней пробы для химического анализа (фото автора)

Измерение температуры воды проводилось термометром. Определение расхода проводилось с применением тары объемом 1 литр и секундомера.

3.2 Лабораторные исследования

3.2.1 Микробиологический анализ вод

Микробиологический анализ проводился посевом исследуемых вод на твёрдую и жидкую питательные среды с последующей инкубацией ряда физиологических групп микроорганизмов и их количественного определения. Работы выполнялись микробиологами: Наливайко Ниной Григорьевной и Гостевой Ириной Алексеевной. Процедура определения бактерий проводилась в соответствии с требованиями методик [26,27].

Для выявления и количественного учета микроорганизмов в водной среде проводился посев 1 мл образца на чашки Петри с МПА. Эта среда является самой подходящей, чтобы определить наибольший круг физиологических групп микроорганизмов и, в последующем, поместить их в термостат, в котором при

температуре 25 и 37 °C проходит инкубация. В ранее указанных условиях могут вырасти следующие группы организмов: мезофильные и психрофильные сапрофиты, которые при ограниченной температуре могут иметь свой ареал обитания.

Когда температура выставлена в термостате - 37°C, то обнаруживаются микроорганизмы, обитающие в теле животных и человека, а также их физиологических жидкостях. При проникновении в организм человека способны вызывать заболевания. Присутствие данных микроорганизмов в среде обитания указывает на неблагоприятное санитарно-гигиеническое состояние объекта исследования [28].

Психрофильные сапрофиты, если превышают количество мезофильных, говорят о санитарном благополучии и являются главной, а также неотъемлемой и широко распространенной физиологической группой, приспособленной к условиям окружающей среды.

Из-за очень небольших размеров визуализировать микробные клетки сложно, они недоступны невооруженному человеческому глазу, поэтому при микробиологическом исследовании воды использовались колонии микроорганизмов, которые образуются делением клетки в процессе инкубирования.

Инкубационный период длится от 1 до 7 суток, после чего проводился подсчет выросших колоний микроорганизмов с учетом их морфологических форм (величина, цвет, форма и размер колоний, консистенция и пр.). Результаты по количеству микроорганизмов в исследуемых водах представлены в 5 главе данной магистерской диссертации.

3.2.2 Химический анализ вод

Исследование химического состава вод проводилось посредством определения обобщенных параметров свойств воды – pH, общей жесткости,

удельной электрической проводимости, а также макро- и микрокомпонентного состава вод, биогенных компонентов и органического вещества.

Химический состав вод родников определен по содержанию в водах макрокомпонентов (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Na^+ , K^+), микрокомпонентов и компонентов группы азота (NO_3^- , NO_2^-).

Химический анализ вод проводился методами титриметрии, потенциометрии, колориметрии, ионной хроматографии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, по методикам, включенным в федеральный информационный фонд [26]. Анализ осуществлялся сотрудниками Проблемной научно-исследовательской лаборатории ГГХ ИШПР ТПУ инженерами Куровской В.В., Погуца А.С., Шведской Э.С. при участии автора.

Результаты химического анализа вод представлены в 6 главе данной магистерской диссертации.

3.2.2.1 Органолептические показатели

Одно из первых, что определяют при химическом анализе – органолептические показатели (свойства воды, воспринимаемые органами чувств), такие как мутность, цветность, привкус, запах, так как именно они первое, с чем сталкивается человек при виде какой-либо воды.

Регламентация органолептических показателей качества воды имеет целью обеспечение нормального протекания физиологических процессов, а также эпидемиологической безопасности населения. Вещества, встречающиеся в природных водах и добавляемые при обработке воды в виде реагентов, а также при попадании бытового, промышленного и сельскохозяйственного загрязнения определяются органолептическими показателями [27].

В таблице 4 приведены нормы по органолептическим свойствам воды по СанПиН 1.2.3685-21 [29].

Таблица 4 – Органолептические свойства воды по нормативу

Показатели	Единицы измерения	Нормативы, не более
Запах	Баллы	2
Привкус	Баллы	2
Цветность	градусы	20
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину)	2,6
	или мг/л по коалину	1,5

- Цветность**

Цвет воды определяют в прозрачной воде, если вода не прозрачна, ее фильтруют.

Цветность воды характеризуется по следующим параметрам: бесцветная, зеленоватая, желтая, бурая и другие, оценивают цветность по таблице 5, приведённой ниже.

Таблица 5 – Оценка цветности воды [30]

Окрашивание при рассмотрении сверху	Ориентировочная цветность в градусах по платиново-кобальтовой шкале
Нет окрашивания	Менее 10
Едва уловимое, слабо желтоватое	10
Очень слабо желтоватое	20
Желтоватое	40
Светло-желтоватое	80
Желтое	150
Интенсивно желтое	300

- Запах**

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих, пахнущих веществ химического и биологического происхождения. Запахи в воде могут быть связаны с жизнедеятельностью водных организмов (высших водных растений, водорослей и др.), а также появиться при их отмирании. Это естественные запахи. При попадании в водоем производственных сточных вод с примесями определенного запаха (фенол, формальдегид и пр.) воды приобретают искусственные запахи [30].

Запахи естественного происхождения, определяются по классификации, представленной в таблице 6.

Запах воды определяется как при комнатной температуре, так и при нагревании до 60°C в колбе, покрытой часовым стеклом. Результат определения запаха выражают описательно: хлорный — запах свободного хлора; землистый — запах влажной почвы; фенольный; запах нефти; аптечный; сероводородный; навозный; затхлый; запах гниющего сена; рыбный; гнилостный и т.д. [30].

Таблица 6 – Характер и род запаха [30]

Характер запаха	Примерный род запаха
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточной зоны.
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры.
Землистый	Прелый, глинистый, свежевспаханной земли
Плесневый	Затхлый, застойный.
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира.
Сероводородный	Тухлых яиц.
Травянистый	Скошенной травы, сена.
Неопределенный	Не подходящий под предыдущие определения.

После определения характера и рода запаха дают оценку интенсивности запаха по шкале интенсивности, представленной в таблице 7.

Таблица 7 – Шкала интенсивности запаха [30]

Балл	Интенсивность	Описательное определение
0	Нет	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, обычно не замечаемый, но обнаруживаемый опытным наблюдателем
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый, если на него обратить внимание потребителя
3	Заметный	Запах, который легко обнаруживается и может вызывать неодобрительную оценку воды
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

- **Мутность и привкус**

Наличие в воде грубодиспергированных примесей обуславливает ее мутность. Часто в качестве косвенного показателя используют характеристику, обратную мутности – прозрачность. Существует два метода определения прозрачности воды: по кресту; по шрифту.

Мерой прозрачности воды служит высота столба воды (в см), при которой можно различить на белой бумаге стандартный шрифт с высотой букв 3,5 мм [30].

Таблица 8 – Характеристика вод по прозрачности [30]

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	Более 30
Маломутная	Более 25 до 30
Средней мутности	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10

3.3 Камеральные работы

После проведения испытаний химического состава вод и выявления различных физиологических групп микроорганизмов в водах родников проводилась систематизация и обработка результатов проведенных исследований в виде таблиц, графиков, текстового описания при помощи программ Microsoft Office.

Для оценки безопасности вод родников на основе микробиологических исследований использовалась зависимость между качеством вод и количеством в них сапрофитных микроорганизмов [28], а также встречаемость и видовое разнообразие микроорганизмов.

4. Характеристика объекта исследований

Объекты исследований родники «Дионисия» и «Университетский», относятся к группе родников «Университетские» и расположены в исторической части города – «Университетской роще», находящейся на территории Томского государственного университета, а также в окружении знаменитых Томских университетов, Ботанического сада, Белой мечети. Изучаемые объекты имеют особый смысл, так как представляют родники террас, оврагов и других необычных форм рельефа особо охраняемых территорий. Облагороженные после своего обустройства фасады склонов, придают территории созерцательность и привлекательность каскадами прудов [7].

Название родников, какое сейчас есть - «Университетские родники» предложил в 1885 Э.А. Леман, один из первых профессоров Императорского Томского университета, он описал устройство водохозяйственной системы: «Ключи университетские, лежащие у подножия откоса университетского парка, перехвачены и обустроены деревянными резервуарами с двойною крышею и люками наверху...» [1].

Территориально родники приурочены к одному из четырех внутригородских районов города Томска - Кировскому, который занимает южную и западную части города. Схема нахождения родников и мест отбора проб представлена рисунке 11.

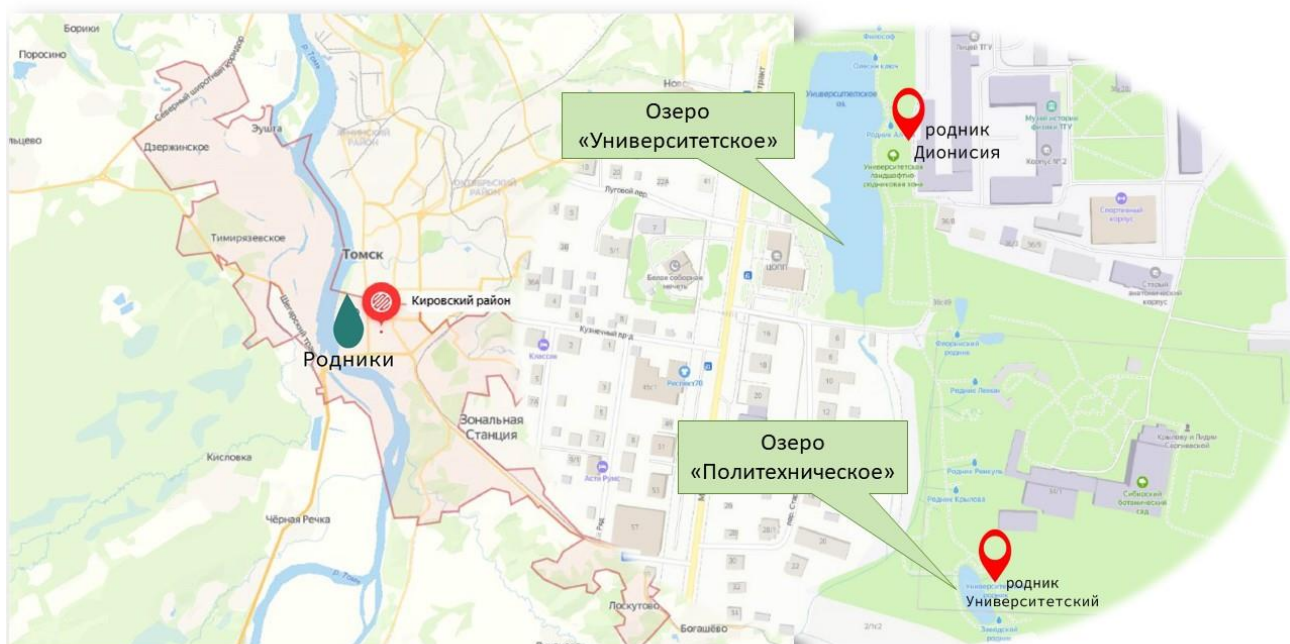
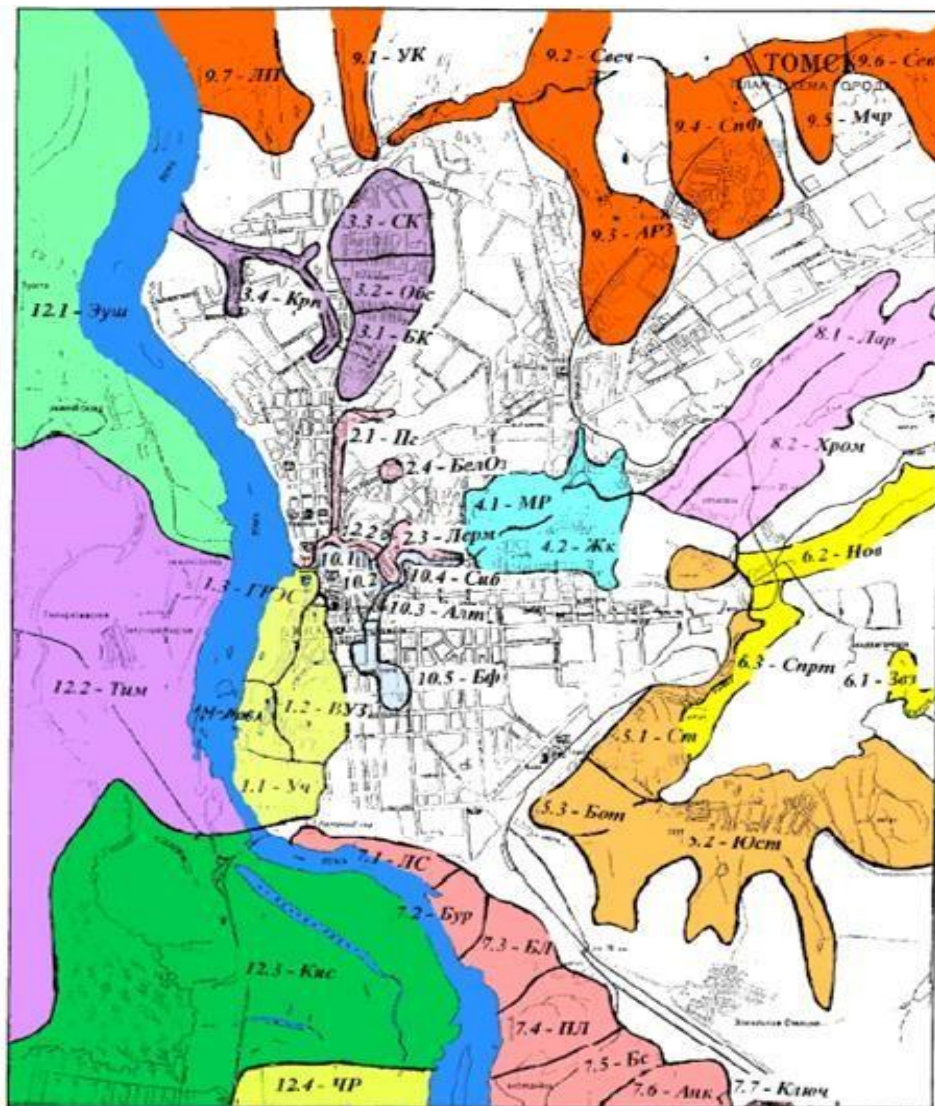


Рисунок 11 - Схема нахождения родников и мест отбора проб

Ранее А.Д. Назаровым в пределах г. Томска выделено множество ландшафтно - родниковых макрозон, схема расположения которых отражена на рисунке 12. Особенно контрастно среди них выделяются Университетская, Лагерно-Садская, Михайловско-Рощинская и другие ландшафтно-родниковые макрозоны [31]. Исследуемые родники относятся к территории Учебной и Университетской (Вузовской) ландшафтно-родниковой макрозонам (на схеме 1.1 и 1.2 соответственно), которая расположена на территории Московско - Трактовой ландшафтно-родниковой мегазоны.



- 1.Московско-Трастовая ландшафтно-родниковая мегазона:** - Уч-Учебная; 1.2 - ВУЗ - Университетская (Вузовская); 1.3 - ГРЭС - Грэсовская; 1.4. Мавл-Мавлюкеевская.
- 2.Воскресенская ландшафтно-родниковая мегазона:** 1.2- Пг-Подгорная; 2.2 - Обр- Обрубовская; 2.3 - Лерм- Лермонтовская; 2.4 - БелОз- Белоозерная.
- 3.Каштачно-Черемошниковская ландшафтно-родниковая мегазона:** БК - Больше-Каштачная; 3.2 - Обс- Обская; 3.3 - СК - Северо-Каштачная; 3.4 - Крп- Керепетьская.
- 4.Жуковско-Михайловская ландшафтно-родниковая мегазона:** 4.1- МР - Михайловско-Рощинская; 4.2 - Жк- Жуковская.
- 5.Степановская ландшафтно-родниковая мегазона:** 5.1- ССт-Северо-Степановская; 5.2 - Юст- Южно-Степановская; 5.3 - Бот - Ботаническая.
- 6. Академическая ландшафтно-родниковая мегазона:**6.1- Звз-Заварзинская; 6.2 - Нов - Новопоселковая; 6.3 - Спрт- Спортивная.
- 7. Южная ландшафтно-родниковая мегазона:** 7.1-ЛС- Лагерно-Садская; 7.2 - Бур - Буревестниковская; 7.3 - БЛ - Бабий-Логовская; 7.4- ПЛ-Потапово-Лужковская; 7.5 - Бс-Басандайская; 7.6 - Анк- Аникинская; 7.7 -Ключ - Ключивская.
- 8. Солнечная ландшафтно-родниковая мегазона:** 8.1- Лар - Ларинковская; 8.2 - Хром – Хромовская.
- 9. Мало-Киргизкинская ландшафтно-родниковая мегазона:** 9.1-УК - Усть-Ки8ргизская; 9.2 - Свеч - Свечная; 9.3 - АРЗ - Арзовская; 9.4 - СпФ- Спичфабриковская; 9.5 - Мчр- Мичуринская; 9.6 - СевТ-Северо-Томская; 9.7 - ЛП - Лесопромышленная.
- 10.Алтае-Сибирская ландшафтно-родниковая мегазона:** 10.1- Бат - Батеньковская; 10.2 - Апт- Аптекарская; 10.3 - Алт- Алтайская; 10.4 - Сиб- Сибирская; 10.5 - Бф- Буфф-Садовская.
- 12.Левобережная ландшафтно-родниковая мегазона:**12.1Эуш-Эуштинская; 12.2Тим- Тимирязевская; 12.3 Кис - Кисловская; 12.4 ЧР -Черно-Реченская.

Рисунок 12 - Схема ландшафтно-родниковых макрозон

Выходы обозначенных родников в составе с имеющимися в надпойменной террасе реки Томь обеспечивают водный баланс водных объектов исследуемой территории и главной артерии г. Томска р. Томи и питают озеро Университетское. Родники выходят на склоне и приподняты над озером, воды стекают в дрена, затем поступают в озеро.

Родник Дионисия располагается на западном берегу оз. Университетское в 50 м от родника Алена. Источник рассредоточенный, нисходящий. Вода в роднике имеет благоприятные органолептические свойства, она прозрачная, без цвета и без запаха. Расход воды 0,16 л/с, температура воды $T = 7^{\circ}\text{C}$.

Поступление воды из родника и ее дальнейшее движение осуществляется по искусственной дренажной канаве, железной трубе и очереди деревянных лотков. Каптаж представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Каптаж родника «Дионисия» (фото автора)

Статус родника: ландшафтный. Место выхода родника представлено на рисунке 14.



Рисунок 14 – Родник Дионисия (фото автора)

Родник Университетский расположен на северной части озера Политехнического. Родник нисходящий, оборудован железным каркасом. Сток воды осуществляется через лотки. Вода чистая, не имеет запаха. Расход воды 1,15 л/с, температура воды 9,5°C. Место выхода родника представлено на рисунке 15.



Рисунок 15 – Родник Университетский (фото автора)

5. Микробиологический состав вод родников

Согласно ФЗ №52: «Среда обитания человека - совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека» [32]. Микрофлора - важный компонент водной среды, который в свою очередь составляет среду обитания человека и встроен в понятие «нормальной жизнедеятельности человека», а также параметр, отражающий санитарно-эпидемиологическое состояние среды и соответственно благополучие населения [33]. Также, согласно ФЗ № 52 санитарно-эпидемиологическое благополучие населения - состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания и обеспечиваются благоприятные условия жизнедеятельности людей.

Микроорганизмы являются неотъемлемым компонентом природных вод, они чутко реагируют на изменения химического и физического состояния водных экосистем, изменяются сами и соответственно изменяют окружающие их условия. Использование микроорганизмов в качестве индикаторов при экологических исследованиях началось еще в прошлом веке. Численность и видовое разнообразие микроорганизмов в водных объектах определяется степенью загрязненности вод и прежде всего органическим веществом [28].

Исследование микробиологического состава вод родников включало определение групп бактерий круговорота азота, железа, серы, а также параметров, определяющих санитарное состояние исследуемых вод. Для удобства и более детального изучения результаты анализа вод на микробиологические показатели разделены по годам исследования и времени года и представлены в таблицах 9 и 10.

Первый осмотр пейзажа посевов на указанные группы бактерий с момента посева проводится на 5 день инкубации, следующий на 15 день.

Таблица 9 – Микробиологический состав вод родника «Университетский»

Наименование родника	Физиологические группы бактерий												
	Мезофильные сапрофиты	Психрофильные сапрофиты	Олиготрофы	Индекс олиготрофности	Азотфиксирующие	Аммонифицирующие	Нитрифицирующие	Денитрифицирующие	Железобактерии (твёрдая среда)	Железобактерии (жидкая среда)	Тионовые	Сульфатвосстанавлива ющие	Нефтеокисляющие
	Количество микроорганизмов, кл/мл												
Норма, кл/мл (Наливайко Н.Г., 1991)	<50	<100		>1	<100						<30		
Сентябрь 2021	420	520	23000	44	1000	100	100	100	0	0	0	10/10***	350
Март 2022	0	0	0	0	100	0		0	0	-	10000	0	0
Апрель 2022	440	2880	670	1,5	840	100	100	-	-		-	0	-
Апрель 2022	10	6770	860	0,3	100	10	100	10	0	0	100000	10000/15	3000
Июнь 2022	60	20	430	21	100	10	10	10	100		1000/3	1000/10	0
Сентябрь 2022	142	6900	6220	0,9	670	10	100	10	320	0	0	0	
Март 2023	115	70	103	1,2	866	10000			145 (протей)	100000	10000	10000/8	998
Апрель 2023	60	255	2575	10,09	1810	10000	10000	10	газон**	1000	-	100	750

*Жёлтым цветом выделена группа микроорганизмов, отвечающая за санитарное состояние вод родника, зелёным – бактерии группы азота, красным – железобактерии, серым – бактерии группы серы.

**Газон (сплошной слой бактерий, выросший на поверхности среды из агара в чашках Петри);

*** активность бактерии в баллах.

Таблица 10 - Микробиологический состав вод родника «Дионисия»

Наименование родника	Физиологические группы бактерий												
	Мезофильные сапрофиты	Психрофильные сапрофиты	Олиготрофы	Индекс олиготрофности	Азотфиксирующие	Аммонифицирующие	Нитрифицирующие	Денитрифицирующие	Железобактерии (твёрдая среда)	Железобактерии (жидкая среда)	Тионовые	Сульфатовосстанавливающие	Нефтеокисляющие
	Количество микроорганизмов, кл/мл												
Норма, кл/мл (Наливайко Н.Г., 1991)	<50	<100		>1	<1						<30		
Сентябрь 2021													
Март 2022	0	0	0	-	-	0	-	-	0	0	-	0	-
Апрель 2022	200	1600	2440	12	100	0	-	-	0	-	-	0	0
Апрель 2022	10	4660	10750	2.3	100	1000	100	10	0	0	100000	1000	280
Июнь 2022	320	180	690		100	1000	0	100	100		100000	100	100
Сентябрь 2022	120	290	650	2,11	700	1000	10	1000	0	-	0	0	0
Март 2023													
Апрель 2023	215	760	7510	9,88	2265	100000	10000	1	0	100	-	1	2820

*Жёлтым цветом выделена группа микроорганизмов, отвечающая за чистоту родника, зелёным - группа азота красным – железобактерии, серым – группа серы.

Анализ микрофлоры родников выявил разнообразие физиологических групп микроорганизмов, присутствующих в водах. Учитывая, что микробиологический состав вод Университетских родников может формироваться под влиянием условий городской среды, так как выбранные родники располагаются в центре города и для того, чтобы оценить их качество необходимо дать экологическую и санитарно-гигиенические оценки качества.

Наиболее важным и используемым для оценки санитарного состояния является наличие или отсутствие в воде энтеробактерий. Энтеробактерии – семейство бактерий, представляющее собой подвижные и неподвижные палочки, различающиеся по ферментативной активности и устойчивые к воздействию факторов окружающей среды. Обитают в кишечнике человека и животных, в воде и почве, загрязненных сточными водами.

В водах исследуемых родников энтеробактерии не обнаружены.

Основным показателем, характеризующим санитарно - гигиеническое состояние объекта, является показатель ОМЧ – общее микробное число. При отсутствии загрязнения должно быть равно или меньше 50 клеток на миллилитр. Результаты исследований вод изучаемых родников показали превышение указанного порога.

Рост бактерий на твёрдых средах представил наличие в родниках колоний очень маленьких размеров, называемых карликовыми. Такие колонии наблюдались в водах родников, и не учитывались при анализе посевов, поэтому во многих случаях количество колоний равно 0.

Наибольшее количество бактерий в исследуемых водах приходится на весенний период, хотя содержание питательных веществ не является максимальным. Очевидно, это связано с температурными изменениями воды. Количество бактерий в воде резко возрастает в дождливую и уменьшается в солнечную погоду. Также в более холодной воде количество микробных колоний

меньше, что и можно увидеть в пробах, отобранных в марте 2022 года, анализ не показал наличие бактериальных колоний.

- **Сапрофиты**

Одной из важных групп микроорганизмов, изученных в водах, являются сапрофиты. Сапрофитами называются микроорганизмы, питающиеся органическими веществами отмерших организмов или выделениями живых. Для процессов своей жизнедеятельности они используют преимущественно белковую органику. По типу питания сапрофиты относятся к гетеротрофным организмам. Они усваивают белки и продукты их распада. Являясь копиотрофами, они обитают в местах с большим количеством органического вещества. Конечным продуктом их метаболизма являются различные органические кислоты, а также аммиак, углекислота и др. Кроме того, они являются санитарами природы и основными участниками процессов самоочищения водных экосистем [28].

Сапрофиты включают две группы – мезофильные и психрофильные сапрофиты. К мезофильным сапрофитам относятся микроорганизмы, которые развиваются при температуре 37⁰С и являются показателем санитарно-гигиенического состояния водной экосистемы. По нормативным данным в чистых водах их количество должно быть меньше или равно 50 кл/мл. Психрофильные сапрофиты развиваются при температуре 22⁰С и их количество является показателем экологического состояния водного объекта, что можно увидеть в таблице 11. По нормативным данным в чистых водах их количество должно быть меньше или равно 100 кл/мл.

Весьма значительна роль сапрофитов в качестве индикаторов экологического состояния водных объектов. Учитывая классификацию вод по количеству сапрофитов, представленную в таблицах 11 и 12, можно оценить наличие загрязнения и его степень [34].

Таблица 11 - Зависимость между качеством воды и количеством в ней аэробных психрофильных сапрофитных микроорганизмов

Количество колоний, клеток в 1 мл воды	Качество вод водоема
10	Очень чистые
10 – 100	Чистые
100 – 1000	Умеренно-загрязненные
1000 – 10000	Загрязнены
10000 – 100000	Грязные
>100000	Очень грязные

Таблица 12 – Экологическое состояние водного объекта

Экологическое состояние	Уровень загрязнения вод	Количество колоний в 1 мл воды
Экологического бедствия	Чрезвычайно опасный	>1000000*
Чрезвычайная экологическая ситуация	Высоко опасный	>1000
Удовлетворительная ситуация	Допустимый	< 100
*наблюдается цветение водоема и гибель естественной биоты		

На основе количества сапрофитов дают экологическую и санитарно-эпидемиологическую оценку состояния природных вод, а также способность водного объекта к самоочищению.

Колебание численности сапрофитов - одно из чувствительных показателей повышения трофности водоемов, из-за чего происходит «цветение» воды, массовое развитие фитопланктона, ухудшение органолептических свойств воды за счет привкусов, запахов, развития анаэробных процессов и другие, которые неблагоприятны в гигиеническом отношении [34].

Проанализировав результаты исследования, можно сделать вывод, что количество мезофильных и психрофильных сапрофитов в водах исследованных родников превышает нормативные значения. Анализируя зависимость между качеством воды и количеством в ней аэробных психрофильных сапрофитных микроорганизмов, представленную в таблице 11, видим, что по количеству колоний в 1 мл исследуемой воды родники относятся к категории загрязненных.

Экологическое состояние исследуемых водных объектов, согласно таблице 12 – чрезвычайное с высоко опасным уровнем загрязнения вод.

- **Олиготрофы**

Олиготрофы традиционно считаются автохтонной микрофлорой природных вод. По количественному соотношению олиготрофов и психрофильных сапрофитов судят о наличии процессов самоочищения в водном объекте. Это соотношение представляет «индекс олиготрофности» - ИО. Процессы самоочищения осуществляются, если олиготрофы численно преобладают над психрофильными сапрофитами, т.е. индекс олиготрофности больше, или равен единице. Если индекс <1 , то процесс самоочищения отсутствует и происходит загрязнение вод органическим веществом. Вместе с тем олиготрофы выступают как показатель степени минерализации органического вещества. Они разрушают органическое вещество и существуют в экосистемах с низким его содержанием (0,001 мг/л) [28].

По значению ИО можно увидеть, что в исследуемых родниках идут процессы самоочищения, несмотря на сложное экологическое состояние, так как во всех проанализированных пробах ИО больше 1.

- **Азотфиксирующие бактерии**

Азотфиксирующие бактерии усваивают свободный азот воздуха, создавая различные органические соединения. В таком виде свободный азот воздуха становится доступным микробам, обитающим в воде и почве. Активность деятельности азотфиксирующих обуславливается их количеством и ферментативной активностью. В большинстве случаев количество азотфиксаторов составляет первые сотни клеток на 1 мл. За год функционирования азотфиксирующие бактерии могут образовать до 200 кг азота. В целом азотфиксирующие микроорганизмы не отличаются особой требовательностью к условиям существования, но их присутствие в экосистемах является положительным фактором [28].

В изученных родниках количество азотфиксирующих бактерий отвечает нормам [29]. В то же время заслуживает внимания факт преобладания численности этих бактерий в роднике «Университетском» над родником «Дионисия». Можно считать положительным явлением для микробного населения родника присутствие достаточного количества этих бактерий.

В роднике «Университетском» осенью 2021 года было обнаружено до 10000 кл/мл бактерий данной группы. Этот случай можно считать положительным явлением для микробного населения родника.

- **Аммонифицирующие бактерии**

Аммонифицирующие бактерии являются симбионтами азотфиксирующих бактерий, так как используют в своей жизнедеятельности органические вещества, созданные азотфиксирующими микроорганизмами (белки, аминокислоты, мочевины, нуклеиновые кислоты и другие). Разложение аминокислот и белков сопровождается выделением в среду свободного аммиака. Процесс аммонификации в быденной жизни называют гниением, так как при этом наряду с аммиаком выделяется сероводород, метилмеркаптан, биогенные амины и другие вещества с характерным неприятным запахом [28].

В изученных родниках аммонифицирующие бактерии встречаются в очень небольшом количестве (10 кл/мл), за исключением проб, отобранных в родниках «Дионисия» осенью 2021 года и «Университетском» осенью 2022 года, в водах которых они составляют 1000 кл/мл. Это можно связать с локальным, одноразовым поступлением загрязняющих веществ в зону родника с поверхности урбанизированных территорий посредством инфильтрации дождевой воды.

- **Нитрифицирующие бактерии**

Нитрифицирующие бактерии восстанавливают нитраты до аммиака или до двухатомного газа – азота (N_2). Нитрификация - процесс биологического окисления аммиака, образующегося при деградации органических веществ до нитрата. Процесс происходит в аэробных условиях в воде и почве. Нитрификация

– основной путь образования в природе азота и играет важную роль в круговороте азота в биосфере [28].

Нитрифицирующие бактерии присутствуют в некоторых изученных пробах воды, но в незначительном количестве.

- **Денитрифицирующие бактерии**

Денитрифицирующие бактерии продолжают цикл азота. Они восстанавливают окисленные формы азота (нитритов, нитрата) до газообразных продуктов азота (обычно до N_2 , иногда до N_2O , редко до NO). Происходит это в результате жизнедеятельности бактерий факультативных анаэробов, которые в отсутствии кислорода используют нитриты и нитраты в качестве источника кислорода (нитратное дыхание, анаэробное дыхание). При этом бактерии окисляют как органические, так и неорганические вещества. Денитрификация замыкает цикл азота в биосфере и препятствует накоплению оксидов азота, которые в высоких концентрациях токсичны. Денитрификаторы участвуют в очистке сточных вод от нитратов, поддерживают постоянное содержание N_2 в атмосфере Земли [28].

Максимальное количество денитрификаторов отмечено в родниках «Дионисия» осенью 2021 года и «Университетском» осенью 2022 года – 1000 кл/мл. В целом, количество денитрификаторов незначительно, немного в меньшем количестве в изученных родниках - нитрифицирующих бактерий.

- **Железобактерии**

Железобактериями называют микроорганизмы, использующие в процессах своего метаболизма железо и его соединения. Они являются активными участниками преобразования железа в водной среде.

По отношению к органическому веществу группа железобактерий включает в себя виды, различно относящиеся к органическому веществу. Одни из них являются автотрофами, использующими углекислый газ в качестве источника углерода и живут в водоемах, с чистой водой, содержащей

растворенное двууглекислое закисное железо, которое для них является источником энергии. Другие виды являются гетеротрофами, обитающими на поверхности водных растений и водорослей в водах, содержащих значительное количество органических веществ. Третьи являются миксотрофами, т.е. используют в качестве источника углерода органические соединения, но энергию получают за счет окисления неорганических соединений.

В природных условиях железобактерии живут в застоявшейся воде и проточной воде при pH, равной 4 – 10 и температуре от 5 до 40 °C выше нуля. Оптимальная температура для них 24°C. Прямое освещение угнетает ферментативную активность железобактерий, поэтому они предпочитают затененные места обитания. Наиболее негативное явление, связанное с деятельностью и существованием железобактерий – это оброст (био пленуи) водопроводящих систем [28].

Так как железобактерии предпочитают относительно тёплую воду, а температура родников колеблется от 7 °C до 10 °C, то в исследуемых пробах железобактерии не обнаружены, за исключением «Университетского» родника осенью 2022 года. Это можно связать с негативными проявлениями железобактерий, а именно оброст водопроводящих систем и немного бактерий могло попасть с поверхности каптажа родника.

- **Тионовые бактерии**

Особенно большую роль играют нитчатые серобактерии или тионовые. Серобактерии окисляют сероводород в соли серной кислоты и этим предохраняют рыбу от гибели [28].

В исследуемых родниках тионовые бактерии обнаружены в пробах, отобранных в марте 2022 года и это связано с неприродным источником поступления загрязнения. Так как нет активного источника поступления сероводорода, то в остальных пробах бактерий не обнаружено, можно связать это с тем, что родники не открытый источник воды.

- **Сульфатвосстанавливающие бактерии**

Сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ) – это бактерии восстанавливающие сульфаты с образованием сероводорода в анаэробных условиях. Сульфат используется ими как акцептор водорода. Донором электронов служат органические соединения: лактат, ацетат, пропионат, бутират, формиат, этанол, высшие жирные кислоты, а также молекулярный водород. Биохимические свойства СВБ и высокая активность метаболизма позволяет им вовлекать в биогеохимических цикл такое относительно инертное соединение как сульфат и использовать таким образом кислород, связанный горными породами для окисления органического вещества и молекулярного водорода.

Приведенная характеристика экологических форм бактерий [28].

Хороший признак, что в водах идет процесс самоочищения говорит о присутствии СВБ. В родниках этих бактерий не обнаружено. Это подтверждает и отсутствие у вод запаха и запаха сероводорода, в частности.

- **Нефтеоокисляющие бактерии**

Нефтеоокисляющие бактерии в изученных родниках не обнаружены, кроме единственной пробы осенью 2021 года в роднике «Университетском», что можно связать с неприродным источником поступления загрязнения.

- **Фенолоокисляющие**

Фенолоокисляющие бактерии в водах исследуемых родников не обнаружены.

Интересно наблюдать микробные пейзажи и на жидкой среде. При культивировании микробов на жидкой среде используют три критерия наблюдения:

- Пленка;
- Осадок;
- Цвет.

Оценивать допускается при наличии даже одного критерия [35].

На жидкой среде выросли тионовые бактерии, для удобства оценивания характера развития этих бактерий ниже приведена таблица 13 с баллами по каждому разведению для родника «Дионисий»:

Таблица 13 – Количество тионовых бактерий родника «Дионисий»

Разведение	Баллы	Описание
0	0	-
1	1	Пленка
2	1	Пленка
3	0	-
4	0	-
5	0	-

Анализ представленных данных показывает, что количество микробов не существенное – 10^1 клеток/мл. На деятельность микробов можно обращать внимание, если их количество от 10^2 кл/мл.

Оценочные данные по тионовым бактериям для родника «Университетский» представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Количество тионовых бактерий родника «Университетский»

Разведение	Баллы	Описание
0	2,3	Осадок на стенке, плёнка
1	3,3	Пленка, кольцо
2	3,3	Пленка, осадок, кольцо
3	4,3	Пленка, осадок, кольцо
4	4,3	Пленка, осадок, кольцо
5	0	-

Из данных таблицы видно, что в данном роднике рост тионовых бактерий происходит активно и их количество в итоге достигло 10^4 кл/мл.

Фотоматериал посева на жидкой питательной среде для культивирования тионовых бактерий представлены на рисунке 16.



Рисунок 16 – Посевы на жидкой питательной среде (фото автора)

5.1 Распространенность микроорганизмов в водах родников

Для количественной оценки распространенности в водах родников важно установить, как часто фиксируется в исследуемых водах та или иная физиологическая группа бактерий. Проведя оценку встречаемости в водах родников исследуемых групп бактерий, представленную в таблице 15, установили, что часто в водах родников встречаются сапрофиты и бактерии группы азота. Их встречаемость составляет от 67 до 83 % за весь период наблюдения.

Низкая встречаемость характерна для железобактерий до 17 %.

В роднике «Университетский» микроорганизмы группы серы встречаются в 1/3 случаев.

У родника «Дионисия» встречаемость тех или иных изучаемых микроорганизмов ниже, чем в роднике «Университетском». Что можно связать с разным расположением зон питания и разгрузки родников.

Таблица 15 - Преобладающие группы бактерий в водах родников

Название родника	Группа бактерий	Максимальное содержание, кл/мл	Среднее содержание, кл/мл	Встречаемость, % (Количество раз из 6 периодов наблюдения)
Дионисия	Мезофильные сапрофиты	200	107	83 (5)
	Психрофильные сапрофиты	1600	630	67 (4)
	Олиготрофы	2440	1017	83 (5)
	Азотфиксирующие	700	267	80 (4)
	Аммонифицирующие	1000	333	80 (4)
	Нитрифицирующие	10	3	с
	Денитрифицирующие	1000	333	17 (1)
	Железобактерии	10000	3333	17 (1)
	Тионовые	10000	3333	33 (2, но в очень высоком количестве)
	СВБ	0	0	33 (2)
	Нефтеокисляющие	0	0	33 (2)
Университетский	Мезофильные сапрофиты	440	169	83 (5)
	Психрофильные сапрофиты	6900	2451	83 (5)
	Олиготрофы	23000	4383	83 (5)
	Азотфиксирующие	1000	525	83 (5)
	Аммонифицирующие	10000	1461	67 (4)
	Нитрифицирующие	100	59	67 (4)
	Денитрифицирующие	100	19	67 (4)
	Железобактерии	145	81	67 (4)
	Твердая среда.	100000	14286	33 (2)
	Жидкая среда			
	Тионовые	100000	17285	33 (2)
	СВБ	10000	3001	50 (3)
	Нефтеокисляющие	3000	621	33 (2)

Количество указанных физиологических групп бактерий в большинстве случаев обнаружения незначительно отличаются от средней величины. Повышенное их количество обнаружено в различные месяцы года.

Мезофильные сапрофиты, показатели санитарного состояния местобитаний, обнаруживаются часто до 5 раз из 6 периодов наблюдения и в количестве, превышающем норму 100 кл/мл.

6. Химический состав вод родников

Как отмечалось ранее (Глава 3, методика исследований) изучение химического состава вод родников проводилось по определению в водах содержания 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 по величине ряда обобщенных параметров (минерализация, общая жесткость перманганатная окисляемость, удельная электрическая проводимость, pH). Химический анализ выполнялся в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ инженерами Бирко Э.С., Куровской В.В., Погуца А.С. с участием автора. Результаты исследований представлены в таблице 16.

Согласно результатов проведенных исследований и представленных в таблице 17 данных по классификации О.А. Алекина воды родников относятся к пресным гидрокарбонатным кальциевым. Минерализация вод во все периоды наблюдения не превышает 700 мг/л и находится в диапазоне от 611 до 676 мг/л. Ее наименьшие значения наблюдаются в роднике Дионисия. По величине pH воды обоих родников являются нейтральными. По степени общей жесткости воды всех родников являются жесткими с величиной общей жесткости от 6,5 до °Ж в разные периоды наблюдения.

Анионный состав вод характеризуется преобладанием гидрокарбонат – иона, а катионный иона кальция, что характерно для природных подземных вод Томского района. Однако, в анионном составе вод отмечается значительное количество сульфат – иона до 12 % экв., хлорид – иона до 10 % экв., нитрат- иона до 5 % экв., а в катионном натрия до 14 в роднике Дионисия и 21 % экв. родник Университетский соответственно. Данный факт указывает на антропогенное влияние на состав подземных вод данной территории.

Таблица 16 - Химический состав вод родников за период 2020-2023 гг.

Наименование родника	УЭП	рН	CO ₂	CO ₃	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ОЖ	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Fe ^{общ}	Мин
Ед. измерения	мкS/см	ед.рН	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	экв-мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
Метод анализа	К	Пт	Т	Т	Т	Сф	Т	Т	Т	Т	Пф	Пф	Фк	Фк	Фк	Расч.
ПДК*	6 - 9	6-9				500	350	7 - 10			200		2,5	45	0,3	1000-1500
С.С.**		7,41	31	<3,0	313	0,37	5,26	3,5	66		13,6	1,24	0,65	0,03		420
10.2020																
Дионисия	740	7,5	40,1	<3,0	420	53	23	7,60	120		28,10	8,90		22,8	0,21	653,0
Университетский	780	7,4	30,8	<3,0	418	56	35	7,40	116		46,00	2,11		27	0,17	673,1
10.2021																
Дионисия	617	7,41	8,8	<3,0	405	38,7	20,2	7,20	116	17,1	23,5	6,76	0,77	11,9	0,267	610,9
Университетский	745	7,09	14,1	<3,0	405	55	39,1	7,40	125	17	44,4	2,24	0,11	24,7	0,126	670,9
03.2022																
Дионисия	618	7,1	14,1	<3,0	410	35,9	20,5	7,7	126	17,6	23	5,0	0,36	<0,10		631
Университетский	667	6,91	5,3	<3,0	393	41,5	34,6	7,2	116	17,1	41	1,5	0,067	<0,10		636
04.2022																
Дионисия	665	7,28	7,0	<3,0	437	35,9	23,3	7,45	114	21,3	25,9	7,5	0,67	7,2	1,22	673
Университетский	768	7,09	15,8	<3,0	390	39,2	36,8	6,90	114	14,6	49,0	2,1	<0,05	21	0,052	676
09.2022																
Дионисия	671	7,09	10,6		376	35	26,6	7,94	123	21,7	29,6	5,6	0,26	14	0,17	619
Университетский	681	6,95	10,6		381	58	32,8	7,14	120	13,7	46,2	1,05	<0,05	24	0,1	653
04.2023																
Дионисия		7,5	2,8	<3,0	425	53	22	7,18	118	15,6	28	6,9	0,48	11,6	0,86	669
Университетский		7,5	5,8	<3,0	403	41	32,5	6,80	111	15,3	42	1,8	<0,05	16,5	0,068	647

*СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

** С.С. -Среднее содержание в провинции умеренного климата (Шварцев С.Л. «Гидрогеохимия зоны гипергенеза»)

Обобщенные формулы солевого состава вод родников представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Формулы солевого состава вод родников

Объект наблюдения	Формула солевого состава
Родник Дионисия	$M_{0,62} \frac{HCO_3 \ 77 \ SO_4 \ 12 \ Cl \ 7 \ NO_3 \ 4}{Ca \ 66 \ Mg \ 18 \ Na \ 14 \ K \ 3} \text{ pH } 7,41$
Родник Университетский	$M_{0,66} \frac{HCO_3 \ 73 \ SO_4 \ 12 \ Cl \ 10 \ NO_3 \ 5}{Ca \ 61 \ Mg \ 17 \ Na \ 21 \ K \ 1} \text{ pH } 7,09$

Родник Дионисия – вода пресная, щелочная, гидрокарбонатно-кальциевая.

Родник Университетский – вода пресная, щелочная, гидрокарбонатно-кальциевая.

Из компонентов группы азота в водах присутствуют ион аммония и нитрат-ион. Причем их содержания достаточно значимы, особенно нитрат-иона, что отражается в формуле солевого состава (таблица 17). Нитрит-ион в водах не обнаружен. Присутствие в водах родников указанных компонентов говорит о идущем в водах процессе минерализации органического вещества, что дополнительно подтверждается величиной перманганатной окисляемости составляющей 2 мгО/л.

Количество микрокомпонентов в водах преимущественно находится на уровне природных фоновых значений. Элементный состав вод родников представлен в таблице 18. Анализ данных показал, что по содержанию большинства исследованных в водах элементов родники имеют схожесть. Так содержание **Li, Co, Sr, Ni, Cr, Se, Mo** и пр. отмечаются на уровне природных фоновых значений характерных для подземных вод провинции умеренно-влажного климата. В тоже время количество **Sn, Cu, Ga, Zr, Al, Zn, Ti, Pb, Rb** и

пр. в рассматриваемых водах значительно ниже, чем в водах провинции умеренного климата. В значимых количествах в водах присутствуют железо, марганец, барий, кремний, стронций, бор.

Таблица 18 – Элементный состав вод родников Дионисия и Университетского

Элемент	ПДК, мг/л	Дионисия	Университетский
		Содержание, мг/дм ³	
1 класс опасности (чрезвычайно опасные)			
Be	0,0002	<0.000003	0,000056
Hg**	0,0005	<0.00005	0,00001
Tl	0,0001	<0.000001	0,0000033
P	0,0001	0,019	0,11
2 класс опасности (высокоопасные)			
B	0,5	0,10	0,065
Ba	0,1	0,10	0,06
Bi	0,1	<0.000003	0,0000027
Br		0,044	0,043
W	0,05	<0.00001	0,0000098
Co	0,1	0,00055	0,00028
Cd	0,001	<0.000001	0,0000054
Li	0,03	0,0078	0,0095
Mo	0,25	0,00002	0,000337
As	0,05	0,00034	0,00069
Nb	0,01	<0.000005	0,000022
Pb	0,03	<0.00002	0,000018
Se	0,01	0,00067	0,00075
Sr	7,0	0,55	0,37
Te		<0.000005	<0.000005
Sb	0,05	0,00006	0,00014
3 класс (опасные)			
V	0,1	0,00029	0,00069
Fe*	0,3	0,21	0,17
Cr	0,1	0,0033	0,0033
Mn	0,1	2,13	0,20
Ni	0,1	0,0031	0,0015
Ti	0,1	0,00025	0,0012
Rb	0,1	0,00017	0,00023
4 класс			
Cu	1,0	0,00047	0,00048
Zn	1,0	0,0016	0,0040
Al	0,5	0,0013	0,0082
Si*	20	8,20	10,24
Zr		0,000015	0,000035
Ag	0,05	<0.000005	0,0000068
Sn		<0.000005	0,0000408
Cs		<0.000002	<0.000002
Th		<0.000005	0,000010

Анализируя органолептические свойства вод родников, по показателям, приведённым в главе 3 данной работы, вода родников не имеет окрашивания при рассмотрении сверху. Ориентировочная цветность по платиново-кобальтовой шкале – менее 10 градусов, что соответствует норме. Исследуемая вода не имеет запаха, поэтому он не интенсивен имеет оценку – 0 баллов, что соответствует норме. Вода прозрачная, так текст читаем с расстояния 30 см, также воды родников не имеют привкуса.

7. Оценка безопасности вод родников

Основополагающая роль микроорганизмов - поддержание жизни на Земле, так как связана с циклом углерода и сопряженными с ним циклами неорганических элементов, таких как кислород, азот, сера, железо, а эти циклы очень важны. Но микроорганизмы, наряду со своими полезными качествами, могут нанести вред организму человека.

В данной работе проведены исследования вод родников по микробиологическим показателям и содержанию ряда компонентов химического состава вод. На основе полученных данных проведена оценка безопасности вод родников и возможность их использования в рекреационных целях.

Оценка качества вод проводилась сопоставлением содержаний компонентов состава вод с нормами, установленными для ряда показателей для некоторым видам водопользования, в том числе использования вод в рекреационных целях. В качестве нормы использованы основные санитарно-микробиологические показатели безопасности воды поверхностных водных объектов, указанные в СанПиН 1.2.3685-21[29].

Как уже было сказано ранее, родники «Университетский» и «Дионисия» расположены в центре города, где сосредоточено большое количество мест антропогенного загрязнения. Опробование родников проводилось в различные сезоны года. Вода для анализа отбиралась с соблюдением правил асептики. Посевы родниковой воды осуществлялись с минимальным сроком хранения.

Для наблюдения за микрофлорой родников были выбраны физиологические группы бактерий в соответствии с их метаболическими потребностями и устойчивостью к факторам окружающей среды. В наблюдаемом периоде выбранные группы практически постоянно присутствовали, за редким исключением.

Анализ данных микробиологических исследований вод родников (Глава

5 данной работы) показал, что патогенные микроорганизмы в водах не обнаружены.

Однако, по общему микробному числу выявлено превышение показателя во всех исследуемых пробах, что указывает на возможное загрязнение вод органическим веществом и ее использование в питьевых целях не безопасно. Применение вод исследуемых родников для питья возможно кратковременно и после термообработки.

В водах обоих родников во все периоды наблюдения были обнаружены мезофильные, психрофильные сапрофиты и олиготрофы. Их минимальное количество приходится на март 2022 и 2023 годов.

Количественное соотношение мезофильных сапрофитов в обоих родниках можно проследить на диаграмме, представленной на рисунке 17. Определенной зависимости в их количество от периода времени не отмечается. Максимальное количество **мезофильных** сапрофитов, в роднике Университетском, было обнаружено в апреле 2022 года – 440 кл/мл. Немного меньшее их число наблюдалось в сентябре 2021 года. В роднике Дионисия их количество в этот же период было в два раза меньше. В сентябре 2022 года и марте 2023 их количество резко снизилось, почти в два раза, и в одном, и в другом роднике. В марте 2022 года эти бактерии вовсе отсутствовали.

В целом можно отметить тенденцию к снижению содержания данной группы бактерий в водах родника Университетского за отмеченный период наблюдения и меньшее, но постоянное присутствие в водах родника Дионисия. Количественное соотношение мезофильных сапрофитов в обоих родниках представлено на рисунке 17.

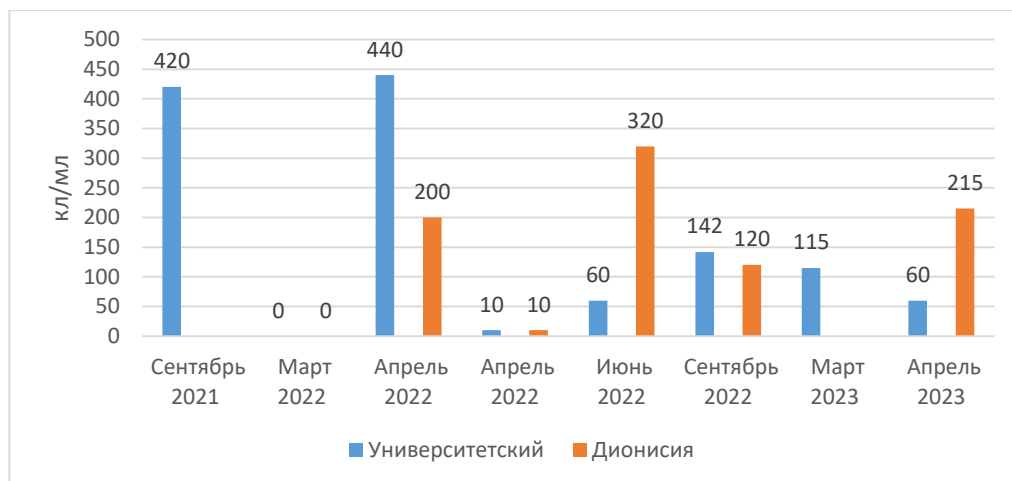


Рисунок 17 - Временная изменчивость содержания мезофильных сапрофитов в водах родников Университетский и Дионисия

Как известно, источником мезофильных сапрофитов являются загрязненные фекалиями сточные воды, а также береговой сток. Количество мезофильных сапрофитов в водах родников по датам отбора непостоянно. Скорее всего такая ситуация обусловлена погодными факторами и связана с общим характером водных осадков. В соответствии с санитарно-гигиеническими нормативами чистая природная вода должна содержать мезофильных сапрофитов меньше или равно 50 кл/мл. В остальных случаях вода считается грязной. Поэтому воды исследуемых родников в санитарно-гигиеническом отношении не безопасны.

Аналогичная ситуация отмечена и в отношении психрофильных сапрофитов. Их количество часто превышает установленные нормы. Вместе с тем их количество превышает и численность мезофильных сапрофитов.

Характер распределения психрофильных сапрофитов в водах родников можно проследить на диаграмме, представленной на рисунке 18. Их максимальные значения характерны для вод родника Университетского и все они приходятся на весенне-осенний периоды 2022 года.

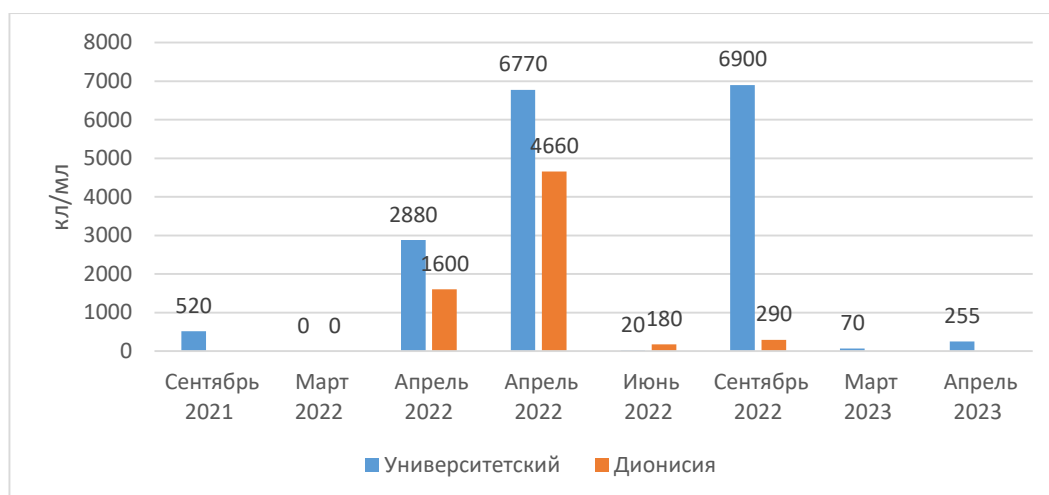


Рисунок 18 - Временная изменчивость содержания психрофильных сапрофитов в водах родников Университетский и Дионисия

Большее количество **психрофильных** сапрофитов выявлено в пробах, отобранных осенью 2022 года – 6900 кл/мл – это максимальное количество за период наблюдения в роднике Университетском, в роднике Дионисия ситуация обратная, бактерий в этот период опробования было обнаружено в 23,7 раза меньше. В Университетском меньше психрофильных сапрофитов, в сравнении с сентябрём 2022 года, было выявлено в июне 2022 года – 20 кл/мл, в то время как в Дионисии в это время присутствовало 180 кл/мл. Годом ранее, в Университетском роднике, осенью 2021 года психрофильных сапрофитов было обнаружено в 13,3 раза меньше – 520 кл/мл. Известно, что психрофильные сапрофиты являются обитателями загрязненных мест. Загрязнение может быть связано с дождевыми осадками и талыми водами.

Сравнительная характеристика количества мезофильных с количеством психрофильных сапрофитов определяет экологический статус родниковой воды. Сравнительный анализ количества мезофильных и психрофильных микроорганизмов показал превосходство последних, что говорит о идущих процессах самоочищения вод.

Проба воды, отобранная в июне, содержала названных бактерий в минимальном количестве.

Временная изменчивость содержания олиготрофов в водах родников Университетский и Дионисия представлена на рисунке 19.

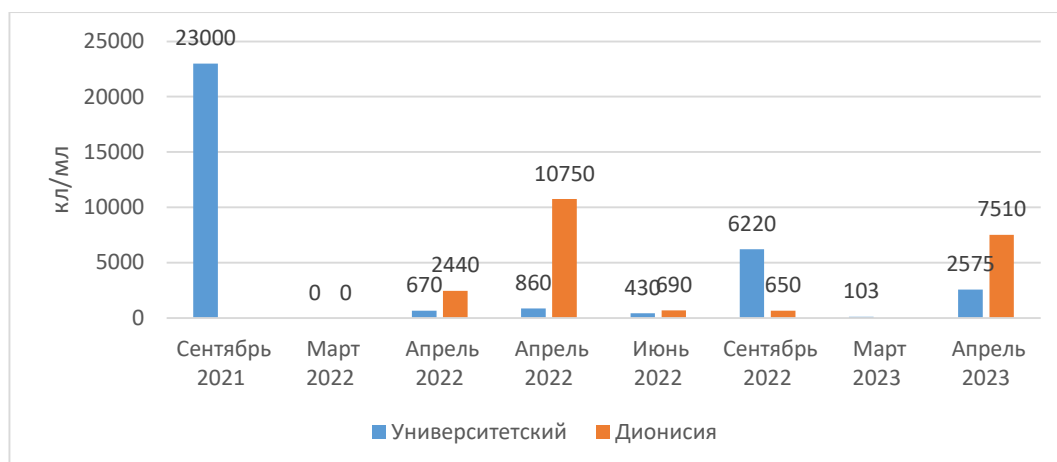


Рисунок 19 - Временная изменчивость содержания олиготрофов в водах родников Университетский и Дионисия

В воде родников в большом количестве были обнаружены **олиготрофные** бактерии, представленные на рисунке 21. Представлен характер их временной изменчивости в водах родников. Максимальное их количество было обнаружено в пробе воды, отобранной в сентябре 2021 года в роднике Университетском - 23000 кл/мл, а в роднике Дионисия в апреле 2022 года, в количестве – 10750 кл/мл. Минимальное количество этих бактерий было в пробах в марте 2022 года в обоих родниках.

Известно, что состав микрофлоры родников меняется в зависимости от области их питания, транзита и разгрузки. Существенное значение имеет состояние и характер каптажного устройства. **Индекс олиготрофности**, который дает соотношение количества олиготрофов и психрофильных сапрофитов, больше единицы почти во всех периодах опробования, как в одном, так и в другом роднике, что указывает на идущие процессы самоочищения вод.

Сапрофиты (мезофильные сапрофиты, психрофильные сапрофиты и олиготрофы) неразрывно связаны с процессами жизнедеятельности азота. Во всех пробах воды из родника Университетский были обнаружены

азотфиксирующие микроорганизмы. Временная характеристика их количества в водах родников представлена на рисунках 20, 21, 22, 23.

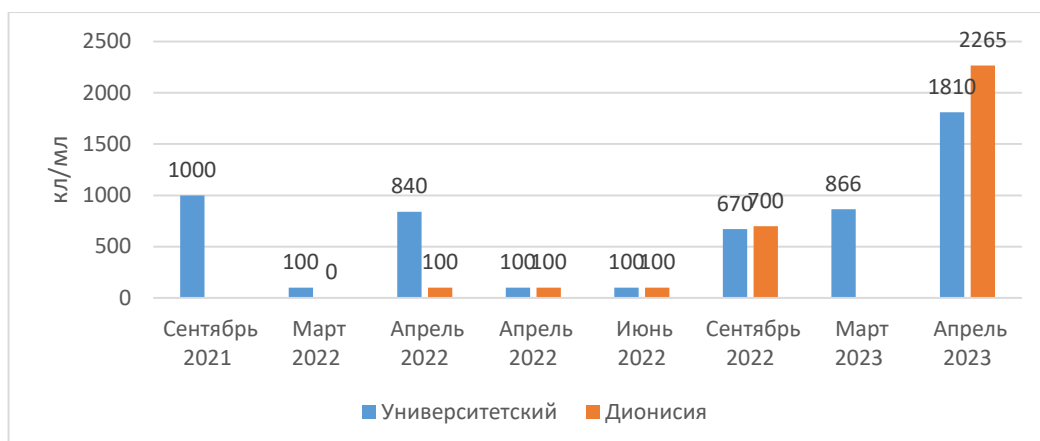


Рисунок 20 - Временная изменчивость содержания азотфиксирующих микроорганизмов в водах родников Университетский и Дионисия

В воде Университетского родника количество азотфиксирующих микробов составило от 100 до 1810 кл/мл, в роднике Дионисия от 100 до 2265 кл/мл. Максимальное их количество в Университетском было обнаружено в апреле 2023 года, что можно наблюдать на диаграмме выше. В роднике Дионисия в этот же период опробования было обнаружено также максимальное их количество – 2265 кл/мл. Азотфиксирующие микроорганизмы присутствовали в родниках во все периоды опробования.

Следующий этап азота - **аммонифицирующие бактерии**, представленные на рисунке 21.

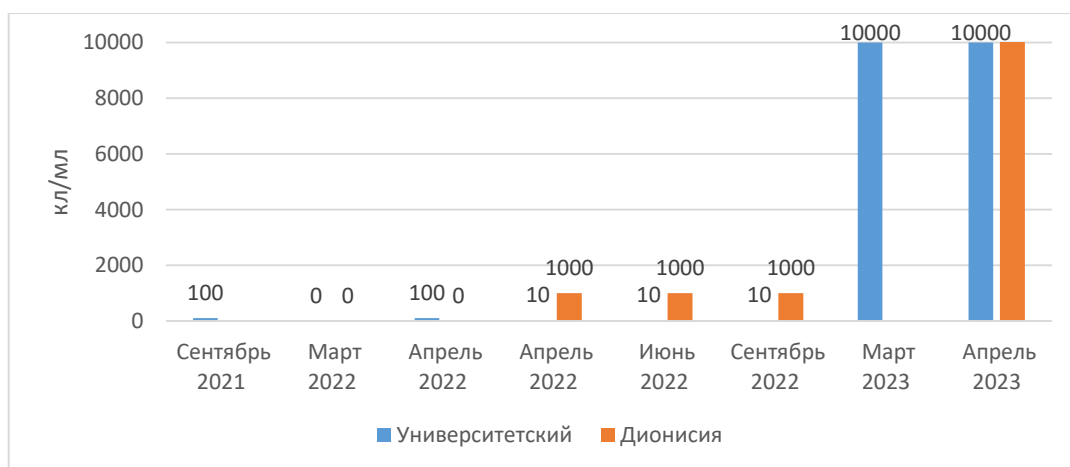


Рисунок 21 - Временная изменчивость содержания аммонифицирующих микроорганизмов в водах родников Университетский и Дионисия

Аммонификаторы в роднике Университетский обнаруживались во все периоды опробования. Максимальное количество аммонификаторов в нем было установлено в марте и апреле 2023 года – 10000 кл/мл при среднем значении 100 кл/мл. В роднике Дионисия максимальное количество было обнаружено в апреле 2023 года – 100000 кл/мл. В целом, численность аммонификаторов была ниже по сравнению с азотфиксирующими микроорганизмами, кроме пробы, отобранной в марте 2023 года, что видно из диаграммы, возможно сыграло роль в этом чуть раннее снеготаяние. Весенние пробы 2023 года выявили присутствие большого количества аммонифицирующих бактерий, что указывает на антропогенное загрязнение вод родников.

Нитрификация – основной путь образования нитрата в природе, играет важную роль в круговороте азота в биосфере. Временная изменчивость содержания нитрифицирующих микроорганизмов в водах родников представлена на рисунке 22.

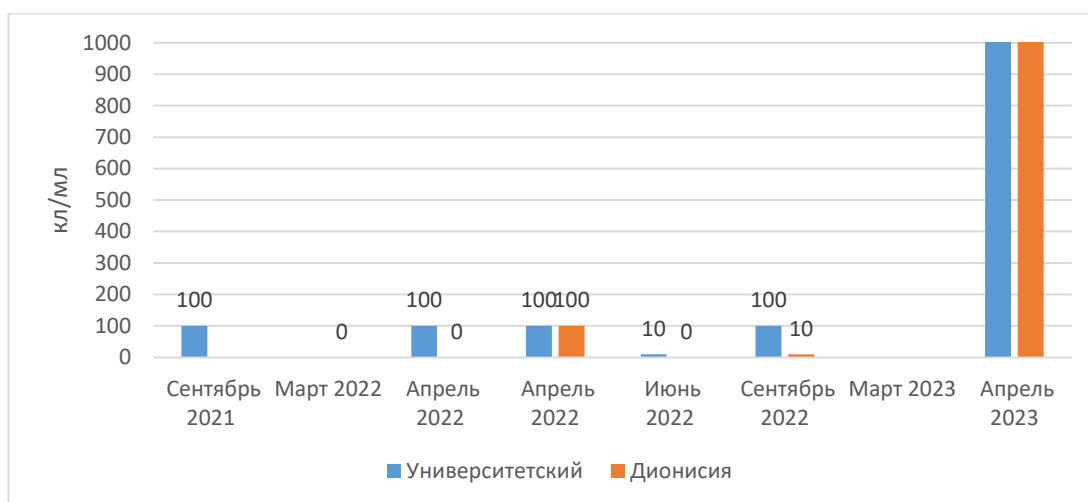


Рисунок 22 - Временная изменчивость содержания нитрифицирующих микроорганизмов в водах родников Университетский и Дионисия

Для **нитрифицирующих бактерий**, выделенных из воды университетского родника характерна низкая, но ровная численность микробов. В среднем преобладают точки с количеством 100 кл/мл и меньше,

ситуация изменилась в апреле 2023 года, в пробах отобранных в этом месяце было обнаружено 10000 кл/мл, тоже самое произошло с родником Дионисия.

Денитрификация замыкает цикл азота в биосфере и препятствует накоплению оксидов азота, которые в высоких концентрациях токсичны и представлена на рисунке 23.

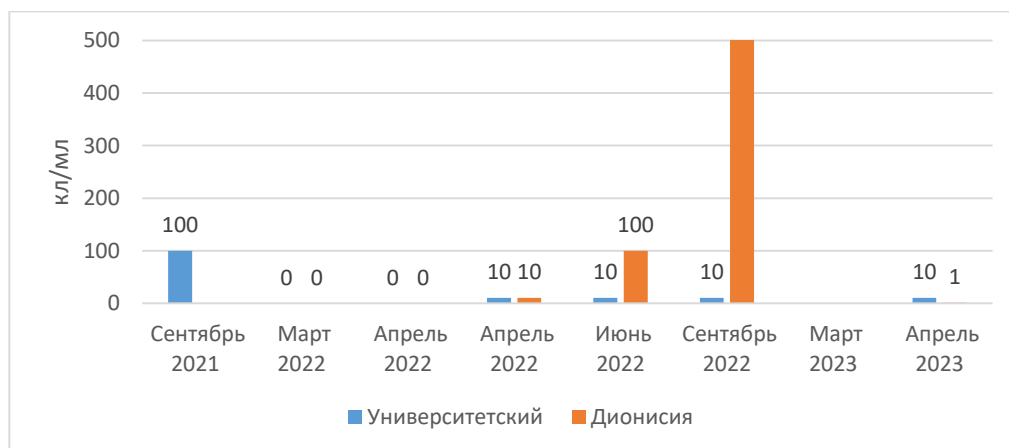


Рисунок 23 - Временная изменчивость содержания денитрифицирующих микроорганизмов в водах родников Университетский и Дионисия

В роднике Университетский денитрифицирующие микроорганизмы присутствуют практически в каждой пробе, но в количестве 10 кл/мл, кроме сентября 2021 года. В роднике Дионисия этих бактерий было обнаружено больше: в июне 2022 года – 100 кл/мл, а в сентябре того же года – 1000 кл/мл. Этот факт убедительно иллюстрирует недоброжелательные взаимоотношения двух физиологических групп микроорганизмов.

Истинные **железобактерии** – обитатели кислых вод, типичные литотрофы. Они получают энергию для автотрофной ассимиляции CO_2 за счет окисления двух валентного железа до трехвалентного. Характер временного распределения ЖБ в водах родников представлены на рисунке 24. Из рисунка видно, что микроорганизмы в обоих родниках стали проявляться только к июню 2022г. В сентябре 2022 года, а также в марте 2023 года были обнаружены только в роднике Университетском. В остальные периоды опробования они отсутствовали.

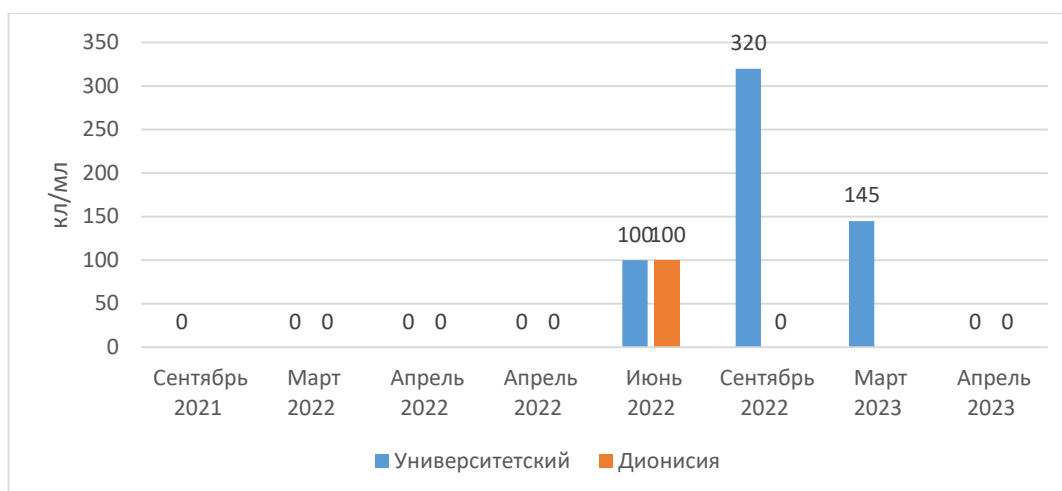


Рисунок 24 - Временная изменчивость содержания железобактерий в водах родников Университетский и Дионисия

В чистой воде количество нефтеокисляющих (углеводородокисляющих) составляет первые единицы сотен до 1000 в 1 мл воды. Более высокие содержания данных бактерий указывают на наличие загрязнения нефтью или нефтепродуктами. Временная изменчивость содержания нефтеокисляющих бактерий представлена на рисунке 25.

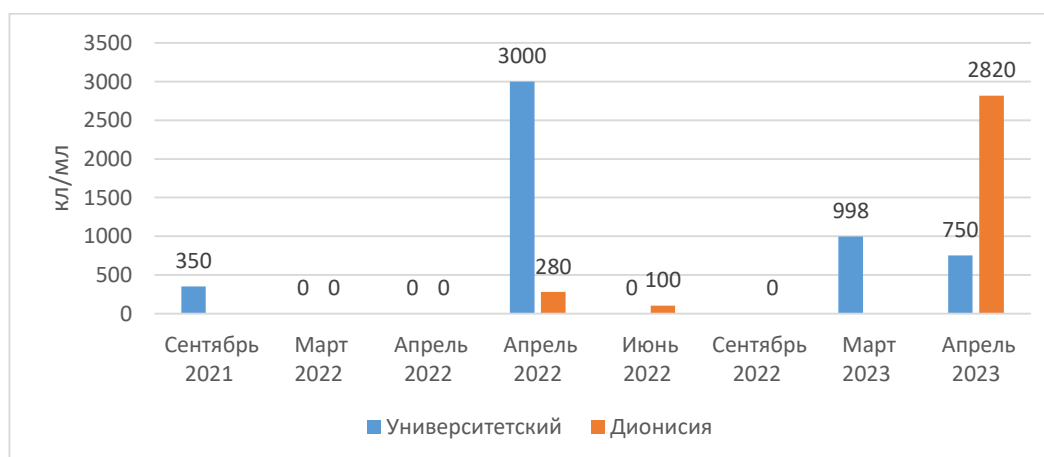


Рисунок 25 - Временная изменчивость содержания нефтеокисляющих бактерий в водах родников Университетский и Дионисия

В роднике «Университетском» нефтеокисляющие бактерии обнаружены не во всех пробах воды. В сентябре 2021 года было выявлено 350 кл/мл и в марте 2023 года 998 кл/мл, а в апреле 2022 года 3000 кл/мл, что указывает на загрязнение воды, но это скорее однократное поступление загрязнения, так как

нет условий для данных микроорганизмов. В роднике Дионисия максимальное количество бактерий было обнаружено в апреле 2023 года – 2820 кл/мл.

Сульфатвосстанавливающие бактерии широко распространены в окружающей среде, охотно поселяются в осадках водных экосистем и металлических частях водоподающего оборудования и представлены на рисунке 26.

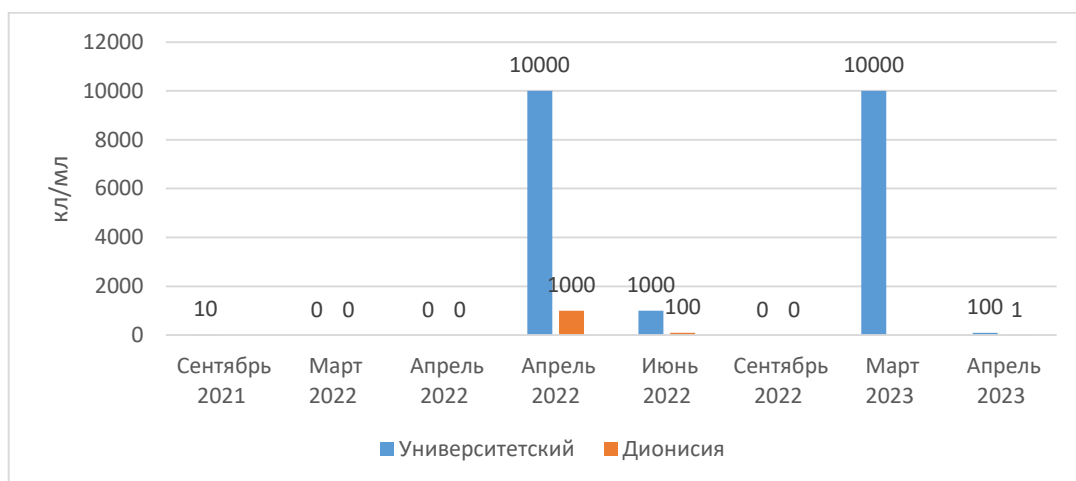


Рисунок 26 - Временная изменчивость содержания СВБ в водах родников Университетский и Дионисия

Сульфатвосстанавливающие бактерии обнаружены в воде родника Университетский в количестве 10000 кл/мл с активностью 15 баллов в апреле 2022 года и в количестве 1000 кл/мл с активностью 10 баллов в июне 2022 года, а также в марте 2023 года в количестве – 10000 кл/мл. В роднике Дионисия бактерий значительно меньше: в апреле 2022 года – 1000 кл/мл, в июне 2022 года – 100 кл/мл. До апреля 2022 года СВБ в родниках - отсутствовали.

Общее количество сапрофитных бактерий положено в основу косвенного метода определения санитарно-эпидемиологической безопасности воды, т.е. с известной долей вероятности можно судить о возможном загрязнении воды микроорганизмами, опасными для здоровья человека. Сапрофиты являются основными деструкторами органических веществ в породе, почве, воздухе, воде. Это наиболее важный компонент переработки вещества во всех средах обитания. Органическое вещество используется здесь не только как углерод, но и как азот.

Сопоставление результатов микробиологических исследований по содержанию аэробных микроорганизмов с оценочными параметрами, представленными в таблице 19 видим, что воды исследуемых родников в большей степени относятся к категориям либо умеренно-загрязненные, либо грязные. Это наблюдается в разные периоды наблюдения и для различных физиологических групп.

Таблица 19 - Зависимость между качеством воды и количеством в ней аэробных сапрофитных микроорганизмов

Количество колоний, выросших при посеве на питательный агар кл/мл	Оценка водоисточников
10	Очень чистые
10-100	Чистые
100-1000	Умеренно-загрязненные
1000-10000	Загрязненные
100000	Грязные
Более 100000	Очень грязные

Если смотреть не на совокупность исследуемых значений в водах, а на каждый изученный элемент в отдельности, то можно сделать вывод, что показатели не превышают нормативные значения, а краткосрочное превышение некоторых показателей можно связать с одноразовым антропогенным загрязнением, что имеет место быть, так как формируется состав вод под влиянием условий городской среды, потому что выбранные родники располагаются в центре урбанизированной территории.

Таким образом проведенные исследования показали, что в микробиологическом отношении воды родников загрязнены. Экологическое состояние родников – чрезвычайное, высоко опасный уровень загрязнения вод. Использовать воду в питьевых целях, без соответствующей предварительной обработки – нельзя. В рекреационных целях, в качестве отдыха в непосредственной близости к родникам препятствий не обнаружено.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2BM12		ФИО Вашешина Анастасия Ивановна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Оценка безопасности вод родников г. Томска на основе микробиологических исследований	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> подземные воды родников города Томска группы «Университетские» - родник «Дионисия» и родник «Университетский». <i>Область применения:</i> хозяйственно-питьевое водопользование. <i>Рабочая зона:</i> лаборатория/полевые условия. <i>Размеры помещения:</i> 15*5 м, умеренно-континентальный климат. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> чашки Петри, колбы, пипетки, пробирки. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> микробиологический и химический анализ воды по методикам.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя – ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя – Трудовой кодекс РФ
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Опасные факторы: 1. Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов; 2. Повреждения в результате контакта с насекомыми; 3. Электрический ток; 4. Пржароопасность. Вредные факторы: 1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; отклонение показателей микроклимата в помещении; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, перчаток.

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	Воздействие на гидросферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.). Наиболее типичная ЧС: авария с выбросом (угрозой выброса) ХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении).
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ващешина Анастасия Ивановна		

8. Социальная ответственность

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда и техника безопасности в России это – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (статья № 1 Федерального закона «Об основах охраны труда в Российской Федерации», 17.07.1999 г. №181-ФЗ), образующие механизм реализации конституционного права граждан на труд (ст. 37 Конституции РФ) в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. (Это право закреплено также в ст. 7 международного пакта об экономических, социальных и культурных правах). 37 статья Конституции РФ: обеспечивает свободу труда, и дает право на труд, в тех условиях, которые отвечают специальным требованиям гигиены и безопасности. Пятый пункт выше указанной статьи гласит: «каждый имеет право на отдых». В конечном итоге, своим первоисточником, охраны труда имеет Конституцию РФ.

В трудовом кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее [36].

Согласно ФЗ №197: работа в лаборатории относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Продолжительность рабочего дня работников не должна превышать 40 часов в неделю. Возможно, сокращение рабочего времени. Для работников, возраст которых меньше 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы [36]. В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» рабочие места с ПК по отношению к

световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Схемы размещения рабочих мест с ПК должны учитывать расстояние между рабочими столами с мониторами: расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1,2 м, а расстояние между экраном монитора и тыльной частью другого монитора не менее 2 м. Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда в 15 градусов вниз от горизонтали). Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю [37]. В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда». Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы [37]. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и ГОСТ 12.2.032-78 опасными и вредными факторами для этапов работ могут быть: острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов, повреждения в результате контакта с насекомыми, электрический ток, пожароопасность, отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны, утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу.

Полевые работы проводились осенне-весенний периоды. Руководитель ознакомил с условиями производства полевых работ и правилами техники безопасности перед началом полевых, в то же время был проведен вводный инструктаж, инструктаж по пожарной безопасности в лесу и правилам использования транспортных средств. Готовность к полевым работам и знание инструктажей было проверено руководителем. В полевых условиях студент

должен быть одет в соответствующую конкретным работам и погоде удобную теплую одежду,

иметь всё необходимое оборудование и индивидуальный пакет первой помощи.

2. Производственная безопасность

2.1 Полевой этап

- Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе

Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, влияющий на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, подвижность воздуха, инфракрасное излучение.

Полевые работы были проведены ранней весной и поздней осенью. В зимне-весенний период требуется обеспечение тёплой и удобной спецодеждой, чтобы обеспечить нормальную терморегуляцию и защиту от обморожений, обветривания кожи и промокания [39].

- Повреждения в результате контакта с насекомыми

Данный фактор имеет особое значение, так как в районе много кровососущих насекомых комаров, мошки, мокреца, клещей. Имеются случаи заболевания клещевым энцефалитом, в результате которого происходит тяжелое поражение центральной нервной системы.

При укусе клеща со слюной в кровь пострадавшего попадают возбудитель или возбудители вышеперечисленных заболеваний.

2.1 Лабораторный и камеральный этапы

- Недостаточная освещенность рабочей зоны

К современному производственному освещению предъявляются требования как гигиенического, так и технико-экономического характера. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности. Рабочее место инженера при камеральных работах должно освещаться естественным и искусственным освещением.

Если экран дисплея обращен к оконному проёму, необходимы специальные экранирующие устройства, снабжённые светорассеивающими шторами, жалюзи или солнцезащитной плёнкой. Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света. Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем при недостаточном естественном освещении. Искусственное освещение по назначению разделяют на общее, местное и комбинированное. По пространственному расположению светильников в помещении различают равномерное и локализованное освещение, по функциональному назначению

– рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Для искусственного освещения помещений следует использовать светильники с люминесцентными лампами общего освещения диффузные ОД-2-80. Светильник имеет следующие технические характеристики: 2 лампы по 80 Вт; длина лампы 1531 мм, ширина 266 мм, высота 198 мм, КПД = 75 %, светораспределение прямое, согласно СНиП 23-05-95. При выполнении работ высокой зрительной точности величина коэффициента естественной освещенности должна быть больше или равна 1,5%. Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами, которые устанавливают минимальный (нормативный) показатель освещенности - это СП 52.13330.2016 [40].

Нормы освещенности зависят от принятой системы освещения. Так, при комбинированном искусственном освещении, как более экономичном, нормы выше, чем при общем. При этом освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна составлять 10% от нормируемой, но не менее 300 -500 лк, а комбинированная - 750 лк (Таблица 31).

Таблица 21 - Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения (СП 52.13330.2016)

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО е _н , %		КЕО е _н , %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
Аналитическое лаборатория	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500
Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г-0,8 Экран дисплея: В-1	3,5 -	1,2 -	2,1 -	0,7 -	500 -	300 -	400 200

Примечание: Прочерки в таблице означают отсутствие предъявляемых требований.

Кроме количественных, нормируются и качественные показатели освещенности. Так, для ограничения неблагоприятного действия пульсирующих световых потоков газоразрядных ламп установлены предельные значения коэффициентов пульсации освещенности рабочих мест в пределах 10-20% в зависимости от разряда зрительной работы. Рекомендуемая освещенность для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документами - 400 лк (СП 52.13330.2016).

- Отклонение показателей микроклимата в помещении

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, оказывающих влияние на тепловое состояние организма. К ним

относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, инфракрасное излучение. Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние на функциональную деятельность человека - его самочувствие и здоровье. Длительное воздействие человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести указаны в СанПиН 2.2.4.548-96 [41]. Отопление и вентиляция помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2016 [42].

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности человека и более согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия, соответствующие СанПиН 2.2.4.548-96. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами вентиляция воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

В камеральных помещениях необходимо предусматривать систему отопления. Она должна обеспечить достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещениях в холодный период года, а также безопасность в отношении пожара и взрыва. При этом колебания температуры в течение суток не должны превышать $2-3^{\circ}\text{C}$.

В камеральном помещении необходимо обеспечить приток свежего воздуха, количество которого определяется технико-экономическим расчетом и выбором схемы системы вентиляции. Минимальный расход воздуха

определяется из расчета 50—60 м³/ч на одного человека, но не менее двукратного воздухообмена в час. При небольшой загрязненности наружного воздуха кондиционирование помещений осуществляется с переменными расходами наружного воздуха и циркуляционного.

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочем помещении представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t°опт	Диапазон выше оптимальных величин t°опт			Если t°<t°опт	Если t°>t°опт
Холодный	Іб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Іб	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3

Примечание:

К категории Іб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

- Электрический ток в полевых условиях

В полевых условиях опасным фактором является работа с электрооборудованием (передвижная электростанция) в сырую погоду, особенно в грозу. Молния - электрический разряд между облаками или облаком и землей. Силы токов молний достигают десятков и сотен тысяч ампер. Для защиты от прямых ударов молний применяются молниеотводы. Защитное заземление или зануление обеспечивает защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в

результате повреждения изоляции. Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность. Согласно ПУЭ все голые токоведущие части должны быть закрыты изоляцией, кожухами и другими ограждениями, или размещены на недоступной высоте, применение автоматических блокировок и отключений.

Защитное заземление или зануление электроустановок следует выполнять: при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока – во всех случаях; при номинальном напряжении от 42В до 380В переменного тока и от 110В до 440В постоянного тока при работах в условиях с повышенной опасностью и особо опасных по ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ [43].

В результате неосторожной работы с электрооборудованием возможно получение увечий. Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое (ожоги, нагрев до высокой температуры органов человека), электролитическое (разложение органических жидкостей тела) и биологическое (раздражение и возбуждение живых тканей) действие. Эти действия приводят к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Основной причиной несчастных случаев, связанных с электрическим током, является нарушение правил работы под линиями электропередач.

Во избежание электротравм следует проводить следующие мероприятия:

- ежедневно перед началом работы проверять наличие, исправность и комплектность диэлектрических защитных средств (диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики, изолирующие подставки) согласно ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ;
- работа генератора и других источников тока должна производиться

под непосредственным наблюдением обслуживающего персонала

- все технологические операции, выполняемые на приёмных и питающих линиях, должны проводиться по заранее установленной и утвержденной системе команд, сигнализации и связи.

- с целью предупреждения работающих об опасности поражения электрическим током широко используют плакаты и знаки безопасности. В зависимости от назначения плакаты и знаки делятся на предупреждающие ("Стой! Напряжение", "Не влезай! Убьет"); запрещающие ("Не включать. Работают люди"); предписывающие ("Работать здесь"); указательные ("Заземлено").

Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов.

Механические поражения могут быть следствием неосторожного обращения с инструментами. Инструмент должен содержаться в исправности и чистоте, соответствовать техническим условиям завода - изготовителя и эксплуатироваться в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации. Ручной инструмент (кувалды, молотки, ключи, лопаты и т.п.) должен содержаться в исправности. Инструменты с режущими кромками и лезвиями следует переносить и перевозить в защитных чехлах и сумках, согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ [44].

- Электрический ток в помещении

Источником электрического тока в помещении может выступать неисправность электропроводки, любые неисправные электроприборы. Все токоведущие части электроприборов должны быть изолированы или закрыты кожухом.

Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ [43].

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости

прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 с - 2мА, при 10 с и менее - 6мА.

Помещение лаборатории и компьютерного класса по опасности поражения людей электрическим током согласно ПУЭ, относится к помещению без повышенной опасности поражения людей электрическим током, которые характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность (влажность не превышает 75%, температура-20-23°C, отсутствуют токопроводящая пыль, полы деревянные). Мероприятия по обеспечению электробезопасности: организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории и компьютерного класса; защитное заземление, с помощью которого уменьшается напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения; зануление; автоматическое отключение; обеспечение недоступности токоведущих частей при работе; регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Нормативные документы: ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ, ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ, ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ, ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ

- Пожарная безопасность

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб, вызывающее несчастные случаи.

Причинами возникновения пожаров в лабораторных условиях являются: неосторожное обращение с огнем (бросание горячей спички, высыпание вблизи сгораемых строений и материалов, не затушенных углей); неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования и т.д.

Помещение лаборатории и камеральное помещение по пожарной и взрывной опасности относятся к категории В (производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (дерево), согласно Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" при проведении лабораторных и камеральных работ в помещениях

предусмотрена эффективная система пожаротушения. Для быстрой ликвидации возможного пожара на этаже здания лаборатории и камеральной группы располагается стенд с противопожарным оборудованием согласно[48] (Таблица 23).

Таблица 23- Перечень противопожарного оборудования

Огнетушитель марки ОПС-10	1 шт
Ведро пожарное	1 шт
Багоры	1 шт
Топоры	1 шт
Ломы	1 шт
Ящик с песком 0,2 м ³	1 шт

Пожарный щит необходим для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады.

Инструменты должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать в случае необходимости возможность полной ликвидации огня. В качестве первичных средств пожаротушения наибольшее распространение получили различные огнетушители: химические пенные ОХП-10, газовые углекислотные ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, порошковые ОПС-10 и специальные огнетушители типа ОУБ.

Успех ликвидации пожара на производстве зависит, прежде всего, от быстроты оповещения и его начале. Поэтому все производственные помещения оборудуют пожарной сигнализацией. Она может быть автоматическая и электрическая.

Все инженерно-технические работники и рабочие, вновь принимаемые на работу, проходят специальную противопожарную подготовку, которая состоит из первичного и вторичного противопожарных инструктажей. По окончании инструктажей проводится проверка знаний и навыков. Результаты проверки оформляются записью в «Журнал регистрации обучения видов инструктажа по технике безопасности» [48].

Ответственные за пожарную безопасность обязаны: не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности; обучать подчиненный персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае возгорания или пожара; осуществлять постоянный контроль за соблюдением всеми рабочими противопожарного режима, а также своевременным выполнением противопожарных мероприятий; обеспечить исправное содержание и постоянную готовность к действию средств пожаротушения; при возникновении пожара применять меры по его ликвидации.

За нарушение правил рабочие несут ответственность, относящуюся к выполняемой ими работе или специальных инструкций в порядке, установленном правилами внутреннего трудового распорядка.

3. Экологическая безопасность

Некоторые из изучаемых водных объектов подвергаются воздействию хозяйственно-бытовых и промышленных отходов, а также вандальным нарушениям каптажа. Требуется постоянный санитарно-эпидемиологический надзор и контроль за выбросом загрязняющих веществ в атмосферу, систематические регулировки изменения химического состава вод. Для защиты от хозяйственно-бытовых отходов требуется оборудовать выходы вод через трубы.

Водоносные горизонты родников открыты для техногенного воздействия и бактериального, нитратного, органического, нефтяного и нередко пестицидного, химического загрязнений, а также загрязнения СПАВ и тяжёлыми металлами. Родники города Томска имеют большую значимость и нуждаются в Государственном мониторинге. Мониторинг нужно проводить в целях своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, выявления источников загрязнения, предотвращения негативных последствий, оценки эффективности осуществляемых мероприятий, информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов, для государственного контроля и надзора [49].

В пределах г. Томска (особенно исторической его части) зафиксировано множество родников – естественных выходов подземных вод на дневную поверхность, представляющих особую культурно-историческую, значимость и потому вызывающих необходимость их законодательной защиты в виде придания особого статуса или определения особого режима природопользования. Последнее необходимо ещё и потому, что данная зона большей своей частью входит в состав водоохранной зоны р. Томи, а несоответствующий каптаж и дренаж родников привели к загрязнению вод и захламлению большинства родниковых полей.

Основным видом загрязнений родников являются коммунально-хозяйственные сточные воды. Азотистые соединения NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- . Нормативные документы: ГОСТ 17.1.3.06-82 [50], ГОСТ 17.1.3.13-86 [51].

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

- ЧС лабораторного и камерального этапов

При выполнении работ могут произойти ЧС техногенного характера:

- Пожары (пожары(взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов, пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально -бытового, культурного значения и др.);
- Аварии с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ (ХОВ) (аварии с выбросом (угрозой выброса) ХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении));
- Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ (аварии на атомных станциях, утрата радиоактивных источников и др.);
- Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ (БОВ) (аварии с выбросом биологически опасных веществ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях, утрата БОВ и др.);
- Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения (аварии в канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии в системах снабжения населения питьевой

водой.

- ЧС полевого этапа

При полевом этапе могут произойти ЧС природного характера, такие как:

1)Геологические опасные явления (экзогенные геологические явления): (-оползни; сели; пыльные бури; обвалы, осыпи, курумы, эрозия, склоновый смыв и др.)

2)Метеорологические и агрометеорологические опасные явления: (крупный град, сильный дождь (ливень), сильный туман; сильный снегопад, сильный гололед, сильный мороз, сильная метель, заморозки;)

3)Природные пожары:(лесные пожары;)

ЧС экологического характера могут произойти на всех этапах работы.

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состава и свойств атмосферы (воздушной среды) (резкие изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности; превышение ПДК вредных примесей в атмосфере;)

Химически опасный объект (ХОО) — это объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении, которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

К ХОО относятся предприятия химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других родственных им отраслей промышленности; предприятия, имеющие промышленные холодильные установки, в которых в качестве хладагента используется аммиак; водопроводные и очистные сооружения, на которых применяется хлор и другие предприятия. Отнесение таких предприятий к опасным производственным объектам производится в соответствии с критериями их токсичности, установленными федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных

объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция) [52]. Существуют четыре категории степени опасности ХОО: I — когда в зону возможного химического заражения попадает более 75 тыс. человек, II — от 40 до 75 тыс. человек, III — менее 40 тыс. человек, IV — зона возможного химического заражения, не выходящая за пределы территории объекта или его санитарно-защитной зоны.

Для данной территории характерны заводы нефтехимической переработки и в соответствии с этим аварии с выбросом веществ: (вещества преимущественно удушающим действием (хлор, фосген и др.); вещества преимущественно общедовитого действия (окись углерода).

Заблаговременно проводятся следующие мероприятия химической защиты:

- создаются и эксплуатируются системы контроля за химической обстановкой в районах химически опасных объектов и локальные системы оповещения о химической опасности;
- разрабатываются планы действий по предупреждению и ликвидации химической аварии;
- накапливаются, хранятся и поддерживаются в готовности средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, приборы химической разведки, дегазирующие вещества;
- поддерживаются в готовности к использованию убежища, обеспечивающие защиту людей от АХОВ (аварийные химически опасные вещества);
- принимаются меры по защите продовольствия, пищевого сырья, фуража, источников (запасов) воды от заражения АХОВ;
- проводится подготовка к действиям в условиях химических аварий аварийно-спасательных подразделений и персонала ХОО;

К основным мероприятиям химической защиты относятся:

- обнаружение факта химической аварии и оповещение о ней;
- выявление химической обстановки в зоне химической аварии;

- соблюдение режимов поведения на зараженной территории, нормы правил химической безопасности;
- обеспечение населения, персонала аварийного объекта и участников ликвидации последствий химической аварии средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, применение этих средств;
- эвакуация населения при необходимости из зоны аварии и зон возможного химического заражения;
- укрытие населения и персонала в убежищах, обеспечивающих защиту от АХОВ;
- оперативное применение антидотов (противоядий) и средств обработки кожных покровов;
- санитарная обработка населения, персонала и участников ликвидации последствий аварий;
- дегазация аварийного объекта, территории, средств и другого имущества.

Эффективным способом химической защиты населения является укрытие в защитных сооружениях гражданской обороны, прежде всего в убежищах, обеспечивающих защиту органов дыхания от АХОВ. Особенно применим этот способ защиты к персоналу, поскольку значительная часть химически опасных объектов (до 70–80%) имеют убежища различных классов. Надежная защита укрываемых может быть обеспечена до 6 часов. Затем укрываемые должны быть выведены из убежищ, при необходимости — в индивидуальных средствах защиты. В настоящее время применение убежищ при химических авариях осложняется снижением эффективности оборудования для очистки воздуха. Вследствие кризисных явлений в экономике производство этого вида оборудования прекращено или объемы его производства снижены, а срок годности фильтровентиляционных установок убежищ в большинстве случаев истек или близок к этому.

В связи с этим в условиях химической аварии в некоторых случаях более целесообразно использовать для защиты людей жилые, общественные и

производственные здания, а также транспортные средства, внутри или вблизи от которых оказались люди. Следует учитывать, что АХОВ тяжелее воздуха (хлор) будут проникать в подвальные помещения и нижние этажи зданий, а АХОВ легче воздуха (аммиак) — заполнять более высокие этажи зданий. Чем меньше воздухообмен в используемом для защиты помещении, тем выше его защитные свойства. В результате дополнительной герметизации оконных, дверных проемов и других элементов зданий защитные свойства помещений могут быть увеличены в 2–3 раза.

При укрытии в помещении, почувствовав признаки появления АХОВ, необходимо немедленно воспользоваться противогазом, простейшими или подручными средствами индивидуальной защиты. Не следует паниковать, так как порог ощущения паров АХОВ значительно ниже их поражающей концентрации.

Все укрывающиеся в зданиях должны быть готовы к выходу из зоны заражения по указаниям органов ГО (гражданская оборона) ЧС или самостоятельно (если риск выхода оправдан).

При принятии решения на самостоятельный выход (или получении указания на выход) из зоны заражения следует учитывать, что ширина ее в зависимости от удаления от источника заражения и метеоусловий может составлять от нескольких десятков до нескольких сотен метров, на преодоление которых по кратчайшему пути — перпендикулярно направлению ветра может потребоваться не более 8–10 минут. Такого времени может оказаться достаточно для безопасного выхода даже в простейших средствах индивидуальной защиты [53, 54, 55].

5. Расчёт воздухообмена для очистки воздуха

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L=1000 \cdot G / X_v - X_n, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен;

$G, \text{ г/ч}$ – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;

X_v , мг/м³ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [56];

X_n , мг/м³ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по СанПиН 1.2.3685-21 [29].

Применяется также понятие кратности воздухообмена n , которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении.

Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = L/V, \text{ ч}^{-1} \quad (2)$$

где V – внутренний объем помещения (134,4 м³), м³.

Согласно СП 2.2.3670-20 [57], кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима.

Количество CO₂, выделяемое всеми работниками по формуле:

$$G = N_{\text{людей}} g_{\text{CO}_2}; \quad (3)$$

где N – количество людей;

g_{CO_2} – количество выделяемого CO₂, г/ч.

1. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях.

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемый людьми углекислый газ (CO₂). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислого газа, выделяемого человеком и по допустимой концентрации его. Количество углекислого газа в зависимости от возраста человека и выполняемой работы приведены в таблице 24.

Содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов следует принимать: для сельских населенных пунктов – 650 мг/м³, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 800 мг/м³, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 1000 мг/м³. ПДК (CO₂) в воздухе рабочей зоны – 9000 мг/м³.

Таблица 24 - Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO ₂ , g _{co2}	
	л/ч	г/ч
взрослые: при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

В помещении лаборатории гидрогеохимии одновременно находятся 6 человек. По характеру в лаборатории работа – лёгкая, $g_{co2} = 35$ г/ч. В воздухе рабочей зоны могут содержаться пары серной кислоты, поэтому ПДК паров серной кислоты $X_v = 1$ мг/м³, $X_n = 0,18$ мг/м³.

Количество CO₂, выделяемое всеми работниками:

$$G = 6 * 35 = 210 \text{ г/ч}$$

Потребный воздухообмен:

$$L = (1000 * 210) / (1 - 0,18) = 256 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Кратность воздухообмена:

$$n = 256 / 134,4 = 1,9 \text{ ч}^{-1}$$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ12	Ващешина Анастасия Ивановна

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Оценка безопасности вод родников г. Томска на основе микробиологических исследований	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ващешина Анастасия Ивановна		01.03.2023

9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для 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 обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы 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 университетской роще города Томска, на двух родниках – «Дионисия» и «Университетский». Исследование проводилось с целью оценки безопасности родниковой воды на основе микробиологических исследований. В качестве объекта исследования была выбрана родниковая вода.

1. Предпроектный анализ

- Потенциальные потребители результатов исследования

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 Томской области;
- Научно-исследовательские организации, университеты.
- Томскгеомониторинг;
- Граждане.

- Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

В данном научном исследовании анализируется безопасность родниковой воды в объектах исследования.

В таблице 25 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером-микробиологом в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией, занимающейся анализом воды.

Таблица 25 – 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	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
2. Точность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
4. Технологичность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Цена	0,14	5	3	2	0,7	0,42	0,28
3. Время	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
Итого	1	32	27	24	4,55	3,84	3,45

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, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

- **SWOT-анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 26). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 26 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Достаточно высокая точность результатов С2. Распространённость и доступность объектов исследования С3. Экологичность проведенных исследований	Слабые стороны Сл1. Высокая стоимость Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации Сл4. Долговременное наблюдение
Возможности В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на исследования В3. Альтернативное водоснабжение	Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 27. 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 27 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1.	C2.	C3.		
	B1.	+	+	+		
	B2.	+	+	+		
	B3.	+	+	0		
Угрозы		C1.	C2.	C3.		
	У1.	+	+	+		
	У2.	-	-	-		
	Слабые стороны проекта					
Угрозы			Сл1.	Сл2.	Сл3.	Сл4.
	У1.		-	+	-	-
	У2.		+	-	-	-
Возможности проекта			Сл1.	Сл2.	Сл3.	Сл4.
	В1.		-	-	+	
	В2.		0	-	+	
	В3.					

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 28).

Таблица 28 - SWOT-анализ

	Сильные стороны С1. Достаточно высокая точность результатов С2. Распространённость и доступность объектов исследования С3. Экологичность проведенных исследований.	Слабые стороны Сл1. Высокая стоимость Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации Сл4. Долговременное наблюдение
Возможности В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на исследования В3. Альтернативное водоснабжение	Введение метода в вузы для обучения; Быстрое продвижение исследования в связи с преимуществами данного исследования; Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности исследования.	Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль.
Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Создание конкурентоспособного проекта.	Из-за относительной длительности анализа могут возникнуть проблемы с продвижением данного исследования.

• **Оценка готовности проекта к коммерциализации**

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 29).

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.

Таблица 29 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	38	35

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 говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является средне перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика ниже среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

• Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать 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.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 30).

Таблица 30 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды, томскгеомониторинг	Получение эколого-геохимического исследования на перспективном рекреационном участке

В таблице 31 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 31 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	оценка безопасности вод родников городской территории в микробиологическом отношении и возможность их использования в рекреационных целях.
Ожидаемые результаты проекта:	Обоснование чистоты воды для населения
Критерии приемки результата проекта:	Найти в природных водах бактерии, подкрепляя доказательствами
Требования к результату проекта:	Требование:
	Отобрать пробы родниковой воды в разные периоды года на территории Университетской роши для лабораторных микробиологических исследований
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ;
	Провести обработку полученных данных;
	Выявить факторы, влияющие на химический и микробиологический состав природных объектов

В таблице 32 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 32 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Хващевская А.А., НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Ващешина А.И., 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 реализованных в рамках данного проекта (таблица 33).

Таблица 33 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	937556
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2021-31.05.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	19.10.2021
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

3. Планирование управления научно-техническим проектом

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

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;

- бюджет научного исследования.
- **Иерархическая структура работ проекта**

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 27).



Рисунок 27 – Иерархическая структура работ

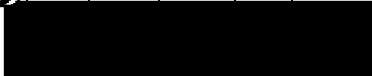
- **План проект**

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 34, 35).

Таблица 34 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	3	23.12.22	26.12.22	Хващевская А.А., Ващешина А.И.
Согласование плана работ	27	19.10.21	16.11.21	Хващевская А.А., Ващешина А.И.
Литературный обзор	138	16.11.21	02.03.22	Ващешина А.И.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292	01.02.22	20.12.22	Хващевская А.А., Ващешина А.И.
Написание отчета	162	21.12.22	31.05.23	Ващешина А.И.
Итого:	622			

Таблица 35 – 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	3																					
Согласование плана работ	1																					
Литературный обзор	138																					
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292																					
Написание отчета	162																					



- Ващешина А.И.



- Ващешина А.И., Хващевская А.А.

- **Бюджет научного исследования**

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Материалы и специальное оборудование для научных работ;
2. Заработная плата;
3. Накладные расходы.

Материалы и специальное оборудование для научных работ. В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 36).

Таблица 36 – Расчет затрат по статье «Материалы и специальное оборудование для научных работ»

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
Бутылки полиэтиленовая	25	10	250
Энергия	1122	2,45	2749
Пробирки	25	310	7750
Пипетки	5	192	960
Мерный стакан	2	150	300
Чашки Петри	20	898	17960
Компьютер (НР)	1	30000,0	30000,0
Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5990,0	5990,0
Всего за материалы	67472		
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			3373,6
Итого по статье			70845,6

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата инженерно-технических работников, рабочих

макетных мастерских и опытных производств, 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 38.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – 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 37.

Таблица 37 – 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:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} * (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

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

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

$k_{\text{р}}$ – 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:

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

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад инженеров лаборатории гидрогеохимии в 2022 году представлен в таблице 38 также, как и расчет основной заработной платы.

Таблица 38 – Расчет основной заработной платы

№	Статьи основных расходов	Коэф -т загру зки	Оклад за месяц, руб.	Районный коэффице нт	Итого руб./меся ц
1	Начальник лаборатории	1,2	35 000	1,3	54 600
2	Гидрогеолог	1	25 000	1,3	32 500
3	Инженер- гидрохимик I категории	0,7	15 000	1,3	13 650
4	Инженер- гидрохимик II категории	0,7	13 000	1,3	11 830
5	Техник-химик (оформление и выдача результатов анализа)	0,7	17000	1,3	15 470
5	Итого в месяц				128 050
6	ДЗП (7,9%)				10115,95
7	Итого: ФЗП				138 166
8	Страховые взносы (30% от ФЗП)				41449,785
9	ФОТ				179 616
Итого за месяц					497 398

Также ПНИЛ ГГХ ТПУ был выполнен анализ проб методами, представленными в таблице 38.

Таблица 38 - Расчет затрат на подрядные работы

№ п п	Виды анализа	Ед-ца измерени я	Метод анализа	Затраты времени на ед-цу работ,бр- час (ССН,вып. 7, 1993)	Цена анализ а,руб
Химические и физико-химические методы анализа природных и сточных вод					
1	Окисляемость перманганатная	проба	Титриметрия	0,14	196
2	Общая жесткость		Титриметрия	0,18	252
3	Электропроводность		Кондуктометрия	0,19	266
4	рН		Потенциометрия	0,09	126
5	Углекислота свободная CO ₂		Титриметрия	0,04	56
6	Аммоний NH ₄		Фотометрия	0,12	168
7	Нитриты NO ₂		Фотометрия	0,11	154
8	Нитраты NO ₃		Фотометрия	0,3	420
9	Гидрокарбонаты HCO ₃		Титриметрия	0,16	224
10	Карбонаты CO ₃		Титриметрия	0,05	70
11	Хлориды Cl		Титриметрия	0,19	266
12	Сульфаты SO ₄		Фотометрия	0,23	322
13	Фосфаты PO ₄		Фотометрия	0,14	196
14	Фториды F		Потенциометрия	0,14	196
15	Бромиды Br		Потенциометрия	0,19	266
16	Кальций Ca		Титриметрия	0,1	140
17	Магний Mg		Титриметрия	0,1	140
18	Натрий Na		Потенциометрия	0,18	252
19	Калий K		А.абсорбция	0,2	280
20	Железо Fe		Фотометрия	0,19	266
21	Кремний Si		Фотометрия	0.11	154
22	Цинк Zn		ИВА	0,24	336
ИТОГО				3,28	4746

Таким образом, затраты проекта составляет **359670,26**, которые приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям								
	Материалы и специальное оборудование для научных 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	70845,6	128050	10115,95	41449,785	-	4746	-	104462,93	<u>359670,26</u>
Аналог 1	169665,6	256890	18698,2	69998,5	-	-	-	369458,36	884710,66
Аналог 2	89158	175874	10657	51671	-	-	-	160514	487874

- **Организационная структура проекта**

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 28.

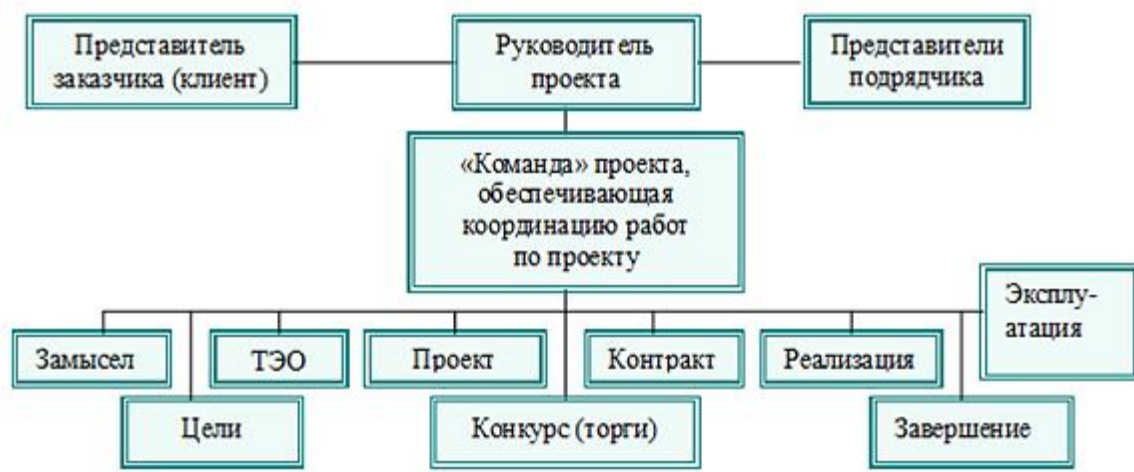


Рисунок 28 – Проектная структура проекта

- **План управления коммуникациями проекта**

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 40).

Таблица 40 – 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

- **Реестр рисков проекта**

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

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 41.

Таблица 41 – 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	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

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

3.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор 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).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

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

где: $ЧДП_{опt}$ – 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 42. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %. $Ag = Cперв * Na / 100$, $себ = 359670,26 \text{ р.}$, **$Выручка = себестоимость * 1,25 = 449587,825$**

Таблица 42 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	449587,83	449587,83	449587,83	449587,83
2	Итого приток, руб.	0	449587,83	449587,83	449587,83	449587,83
3	Инвестиционные издержки, руб.	-359670,26	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	197818,55	197818,55	197818,55	197818,55
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0	71934,05	71934,05	71934,05	71934,05
6	Налоги 20 %, руб. (5*20%)	0	71934,05	71934,05	71934,05	71934,05
8	Чистая прибыль, руб. (5-6)	0	179835,23	179835,23	179835,23	179835,23
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб. (чистая прибыль + амортизация)	-359670,26	264558,03	264558,03	264558,03	264558,03
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)	-359670,26	220376,83	183603,27	152914,54	127516,97
12	Σ ЧДД	684411,61 руб.				
12	Итого NPV, руб.	369218,86 руб.				

$$NPV = 684411,61 \text{ руб.} - 315192,75 = 369218,86 \text{ руб.} > 0$$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

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

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 369218,86 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:

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

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{684411,61}{315192,75} = 2,17$$

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 43 и на рисунке 29.

Таблица 43 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки, руб.	- 359670,26	264558,03	264558,03	264558,03	264558,03	NPV, руб.
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	- 359670,26	240483,25	218524,9	198683,1	180693,1	478714,09
	0,2	- 359670,26	220376,84	183603,3	152914,5	127517	324741,38
	0,3	- 359670,26	203445,13	156618,4	120373,9	92595,31	213362,48
	0,4	- 359670,26	188894,43	134924,6	96299,12	68785,09	129232,98
	0,5	- 359670,26	176460,20	117463,8	78044,62	52382,49	64680,85
	0,6	- 359670,26	165348,77	103177,6	64552,16	40477,38	13885,65
	0,7	- 359670,26	155560,12	88626,94	53705,28	29630,5	-32147,42
	0,8	- 359670,26	147094,26	81748,43	45239,42	25133,01	-60455,14
	0,9	- 359670,26	139157,52	73282,57	38625,47	20370,97	-88233,73
	1,0	- 359670,26	132279,01	66139,51	33069,75	16402,6	- 111779,39

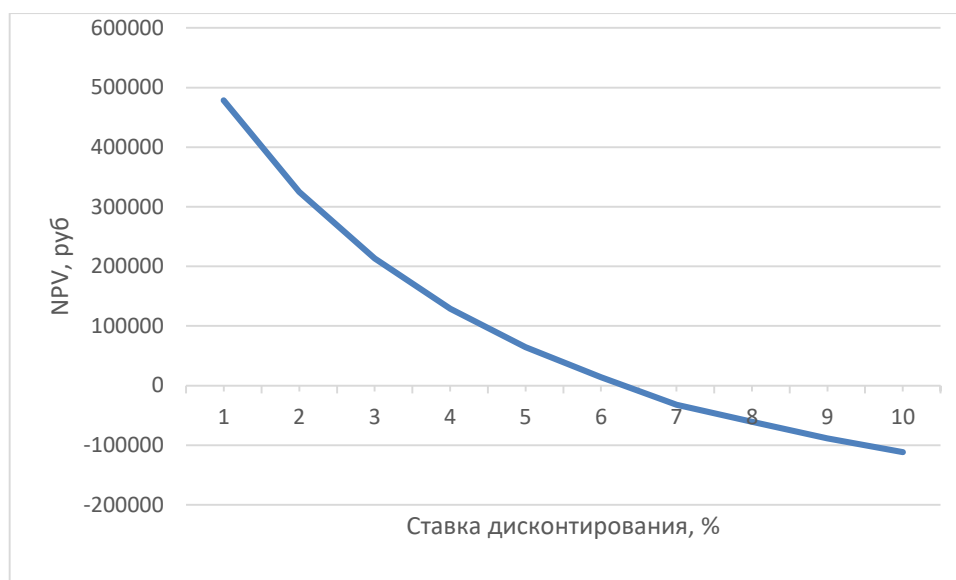


Рисунок 29 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 0,63.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $63\% - 20\% = 43\%$

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 44).

Таблица 44 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	- 359670,26	220376,83	183603,27	152914,5	127516,9
2	То же нарастающим итогом, руб.	- 359670,26	-139293	-176067	-206756	-232153
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{дск} = 1 + (139293/183603,27) = 1,75$ года				

3.2 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 45).

Таблица 45 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о микробиологическом составе природных вод на территории роши	Обновлены данные о микробиологическом составе вод родников
Нехватка данных об изменении микробиологического и химического состава вод	Обобщены и структурированы данные о микробиологическом составе вод родников университетской роши

3.3 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности 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).

Значение интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{359670,26}{884710,66} = 0,41$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{884710,66}{884710,66} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{487874}{884710,66} = 0,55$$

ИПР (Интегральный показатель ресурсоэффективности) определяется по 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 – балльная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 46).

Таблица 46 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5
3. Надежность	0,15	4	5	5
4. Безопасность	0,15	4	4	3
5. Простота эксплуатации	0,15	5	3	4
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	5	4
Итого	1	27	25	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,55$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

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

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

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

$$I_{финр}^p = \frac{4,55}{0,41} = 11,10$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{4,2}{1} = 4,2$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{4,15}{0,55} = 7,55$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}}^{a1} = \frac{11,1}{4,2} = 2,64$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}}^{a2} = \frac{11,1}{7,55} = 1,47$$

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 47.

Таблица 47 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,41	1	0,55
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,2	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	15,84	18,69	18,69
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	3,1	2,64	1,47

Выводы: исходя из вышеперечисленных расчётов интегральных показателей эффективности можем судить о том, что представленный, разработанный проект можно считать эффективным при расчёте поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В процессе выполнения проекта финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость - 369218,86 руб.; индекс доходности $PI=2,17$, внутренняя ставка доходности $IRR=63\%$, срок окупаемости $PP_{\text{дск}}=1,75$ года.

Данный проект ресурсоэффективный, с высоким запасом финансовой прочности и недолгим сроком окупаемости.

Вывод

В результате проведенных исследований изучен химический состав вод двух родников группы «Университетские» г. Томска – «Дионисия» и Университетский». Воды родников являются пресными, жесткими по степени общей жесткости, по величине pH нейтральными. По химическому составу подземные воды родников гидрокарбонатные кальциевые. Среди микрокомпонентов в водах в значимых количествах наблюдаются железо, марганец, барий, стронций. Отмеченные особенности состава исследуемых вод являются характерными для подземных вод г. Томска.

В водах отмечаются признаки их загрязнения органическим веществом, о чем свидетельствует высокое содержание азота нитратного и величина перманганатной окисляемости. На ряду с этим наблюдаются признаки антропогенного влияния на воды исследуемых родников на что указывают повышенные относительно природных фоновых значений содержания сульфат-иона, хлорид-иона и нитрат-иона, а также ионов натрия и калия. Негативное воздействие на воды носит постоянный характер и в водах отмечается стабильно высокие содержания отмеченных выше нормируемых компонентов за 3 летний период наблюдения за составом вод родников.

Основным источником негативного влияния на подземные воды являются: сточные воды различного генезиса - ливневые сточные воды с территорий промышленных площадок заводов, жилых микрорайонов и автодорог; несанкционированные свалки бытовых отходов, а в области разгрузки родников - это масштабное складирование строительного мусора.

В микробиологическом отношении воды родников относятся к категории грязных. В значимых количествах в них присутствуют бактерии группы азота. Наличие мезофильных сапрофитов указывает на неблагоприятное санитарное состояние вод. В большей степени это характерно для вод родника «Дионисия».

Отмеченные особенности состава вод исследуемых родников свидетельствуют об их удовлетворительном качестве и использовать воду в питьевых целях, без соответствующей предварительной обработки, нельзя.

Пребывание на территории разгрузки родников в рекреационных целях является безопасным. Более того, территорию в непосредственной близости к родникам в качестве места отдыха можно рассматривать беспрепятственно. Она может использоваться в научно-образовательных целях и в тоже время доставлять эстетическое наслаждение.

Список использованной литературы

1. Вертман Е.Г. Отчет «Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска» / Е.Г. Вертман, А.Д. Назаров. - Томск: Фонды ТПУ, 2004. -201 с.
2. Российская Федерация. Законы. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон № 52 [принят Государственной думой 12.03.1999 г., одобрен Советом Федерации 17.03.1999 г.]. – Москва, 1999. – 33 с. – (Актуальный закон).
3. Мареев, И. А. Качество питьевой воды как глобальная экологическая проблема / И. А. Мареев // Молодой ученый. — 2020. — № 50 (340). — С. 402-403.
4. Особо охраняемые природные территории Томской области: учебно-справочное пособие / А.М. Адам, Т.В. Ревушкина, О.Г. Нехорошев, [и др.]; Издательство НТЛ. – Томск, 2001. – 26 с.
5. Вертман Е.Г. Отчет «Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска» / Е.Г. Вертман, А.Д. Назаров. - Томск: Фонды ТПУ, 2004. -201 с.
6. Назаров А.Д. Особенности режима и возможности обустройства «Университетского родника» // Известия Томского политехнического университета. - 2010.
7. Назаров А. Д. Родники г. Томска - распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города) // Известия Томского политехнического университета. — 2002. — Т. 305, вып. 8: Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. — [С. 236-256]
8. Земцов А.А. География Томской области / А.А. Земцов. — Томск: Издательство Том. ун-та, 198.
9. Коробкин, В.А. Гидрогеологические, инженерно-геологические условия и районирование центральной части Обь-Томского междуречья для

целей мелиоративного строительства / В.А. Коробкин, О.Ф. Шинкаренко. – Томск: Фонды ГПП «Томскнефтегазгеология», 1983. – 210 с.

10. Особо охраняемые природные территории Томской области: учебно-справочное пособие / А.М. Адам, Т.В. Ревушкина, О.Г. Нехорошев, [и др.]; Издательство НТЛ. – Томск, 2001. – 26 с.

11. СП 131.13330.2012. Строительная климатология: дата введения 2013-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095546> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст: электронный.

12. Гидрогеология СССР, том XVI, Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). / редактор В.А. Нуднер. – Москва: «Недра», 1970 – 368 с.

13. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, О.Д. Лукашевич, В.А. Коробкин, В.В. Золотарёва, Ю.Ю. Галямов; Томский архитектурно-строительный университет. - Томск: Издательство Томского архитектурно-строительного университета, 2003. – 174 с.

14. Евсеева Н.С. География Томской области. Природа, природные ресурсы: Учебное пособие для учащихся 8 класса общеобразовательных учебных заведений / Под редакцией д.г.н. П.А. Окишева. — Томск: Изд-во НТЛ, 2005. — 152 с.

15. Коробкин В.А. Применение денежной оценки водных ресурсов при разработке стратегии водопользования на муниципальном уровне на примере Обь-Томского междуречья: Отчёт о НИР/ИПЖКХ / В.А. Коробкин, В.К. Попов. – Томск, 2000. – 34 с.

16. Дюкарев А.Г., Природные ресурсы Томской области / А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов. – Новосибирск.: Наука. Сибирское отделение, 1991. -176 с.

17. Иоганзен Б.Г. Природа Томской области / Б.Г. Иоганзен. – Томск, 1986. – 147 с.

18. Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды Томской области в 1998 году. – Томск, 1999. – 231 с.

19. Герасимов В. Томское месторождение подземных вод: Отчёт Обь-Томской и Таганской партии за 1966-1974 гг. / В. Герасимов, В.Д. Мокренко. – Томск: Фонды ГПП «Томскнефтегазгеология», 1974. – 109 с.
20. Коробкин, В.А. Гидрогеологические, инженерно-геологические условия и районирование центральной части Обь-Томского междуречья для целей мелиоративного строительства / В.А. Коробкин, О.Ф. Шинкаренко. – Томск: Фонды ГПП «Томскнефтегазгеология», 1983. – 210 с.
21. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология / С.Л. Шварцев. – Москва: Недра, 1996. – 424 с
22. Коробкин В.А. Анализ и оценка влияния захоронения ЖРО на полигонах СХК на эксплуатацию подземных вод водозаборов гг. Томска и Северска: Отчёт о НИР (заключ.) / В.А. Коробкин. – Томск: ИПЖКХ, 2000. – 170 с.
23. Наливайко Н. Г. Микрофлора подземных вод города Томска как индикатор их экологического состояния: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук : дис. ... канд. геол.-мин. наук / Наливайко Нина Григорьевна ; Томский политехнический университет. – Томск, 2000. – 190 с.
24. Земскова И.М. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / И.М. Земскова, Ю.К. Смоленцев, М.П. Полканов. – Москва: Недра, 1991. – 262с.
25. ГОСТ 31861-2012. ВОДА. Общие требования к отбору проб: дата введения 2014-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097520> (дата обращения: 25.09.2022). – Текст: электронный.
26. Зарубина Р.Ф. Анализ и улучшение качества природных вод. В 2-х частях. Часть 1. Анализ и оценка качества природных вод: Учебное пособие / Р.Ф. Зарубина, Ю.Г. Копылова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 168 с.

27. Шиян Л.Н. Химия воды. Водоподготовка: Учебное пособие / Л.Н. Шиян. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 72 с.

28. Наливайко Н.Г. Микробиология воды: учебное пособие / Н.Г. Наливайко; Томский политехнический университет. – 4-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 139 с.

29. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-01-28. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 24.12.2022). – Текст: электронный.

30. ГОСТ Р 57164-2016. Методы определения запаха, вкуса и мутности: дата введения 2018-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140391> (дата обращения 24.12.2022). – Текст: электронный.

31. Антропогенные изменения макрокомпонентного состава болотных вод на территории Томской области // Болота и биосфера: Матер. II научной школы (8–12.09.2002 г.). / В.А. Базанов, О.Г. Савичев, Б.А. Егоров, А.О. Крутовский. – Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2003. – С. 94–101

32. Российская Федерация. Законы. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52 [принят Государственной думой 12.03.1999 г., одобрен Советом Федерации 17.03.1999 г.]. – Москва, 1999. – 33 с. – (Актуальный закон).

33. Здоровье населения и среда обитания // Ежемесячный научно-практический рецензируемый журнал.

34. Наливайко Н. Г. Микрофлора подземных вод города Томска как индикатор их экологического состояния: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук : дис. ... канд. геол.-мин. наук / Наливайко Нина Григорьевна ; Томский политехнический университет. – Томск, 2000. – 190 с.

35. Нетрусов, А.И. Практикум по микробиологии: Учебн. Пособие для студ. Высш. учебн. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук. - Москва: Академия, 2005. - 608 с.

36. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон № 197-ФЗ : [Принят Государственной думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2001. - 259 с.

37. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 06.02.2023). – Текст: электронный.

38. Романенко, Ю.В. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ / Ю.В. Романенко. - ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2016.

39. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: дата введения: 1996-10-01. - URL: https://www.gubkin.ru/personal_sites/fedotovie/NPA/mkl.pdf (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

40. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/45605419> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

41. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: дата введения 1996-10-01. – URL: https://www.gubkin.ru/personal_sites/fedotovie/NPA/mkl.pdf (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

42. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: дата введения 2017-06-17. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054205> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

43. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

44. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности: дата введения 1992-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901702428> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

45. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление: дата введения 1982-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200289> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

46. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов: дата введения 1983-07-01. – URL <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

47. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля: дата введения 1985-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051575> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

48. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон №123 – ФЗ : [принят Государственной думой 22 июля 2008 года]. – Москва, 2008. – 260 с.

49. Латышенко К.П. Экологический мониторинг: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / К.П. Латышенко; Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ). — Москва: Юрайт, 2016. - 376 с.

50. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод: дата введения 1983-01-01. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200004387> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

51. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений: дата введения 1986-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003200> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

52. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон № 116-ФЗ : [принят Государственной думой 21 июля 1997 года]. – Москва, 1997. – 198 с.

53. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федеральный закон № 68-ФЗ : [принят Государственной думой 21 декабря 1994 года]. – Москва, 1994. – 159 с.

54. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения: дата введения 2017-06-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136692> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

55. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения: дата введения 1996-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001521> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

56. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

57. СП 2.2.3670-20. Санитарные правила Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда: дата введения 2020-12-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230583> (дата обращения 15.05.2023). - Текст: электронный.

Приложение I (справочное)

Introduction

Spring water safety assessment

Conclusion

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM12	Ващешина Анастасия Ивановна		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина Анна Александровна	к.ф.н		

Introduction

Water resources are the most important component of life. Our planet is covered with a huge amount of water and a considerable amount of it - this is underground water and a person can observe the exit of underground water to the day surface in the form of small sources - springs.

Tomsk is a city of a thousand of springs. This conclusion was made by the hydrogeologists of the city, who studied the outcrops of groundwater to the day surface and compiled a map of spring fields based on the hydrological data obtained.

Even 70 years ago there were few water pipes in Tomsk, water was taken mainly from springs. And 120 years ago, almost all Tomsk residents drank spring water. One of the first water pipelines appeared during the construction of Tomsk University [1]

The era of centralized water supply has come, which is in almost every house, but some residents of the city continue to use spring water, for reasons of not only purity and naturalness, but also healing, along with this, springs are part of recreational areas. In this regard, it became necessary to study the microflora of water, since it is a component of natural waters and actively participates in the processes of formation and change in their chemical composition. The study of the abundance and species composition of microorganisms will make it possible to assess the state of waters from the standpoint of their quality, as well as to identify the source of the technogenic load on water systems and thereby prevent the deterioration of water quality in a timely manner.

At the same time, natural waters, both surface and underground, are an important factor in the human environment that determines the conditions of his life. In turn, the microflora, being an important component of the human environment, determines the sanitary and epidemiological well-being of the population [2,3]. As stated in Federal Law No. 52, the sanitary and epidemiological well-being of the population is the state of health of the population, the human environment, in which there is no harmful effect of environmental factors on a person and favorable

conditions for his life are provided. This indicates that the assessment of water quality in microbiological terms and the establishment of their safety is relevant.

A group of University springs, located in the center of the historical part of the city, is very popular among the population of the city of Tomsk. But it should be noted that the supply area of the springs coincides with the urban area, within which there is a significant anthropogenic load - residential areas, vehicles, landfills, etc. Therefore, it is important to assess the quality of these waters, including their microbiological safety from the standpoint of drinking and recreational use.

To conduct research and assess the safety of the waters of the springs discharged within the recreational area, two springs from the "University" group were selected, which have a convenient location of outlets, maximum accessibility for the population, well-equipped and high attendance, respectively.

The novelty of the work lies in the study of the safety of spring waters and the possibility of their use for recreational purposes from the standpoint of the content of bacteria in the geochemical cycles of various elements (iron, nitrogen, sulfur, etc.).

The object of the study is the underground waters of the springs of the city of Tomsk of the University group - the Dionysia spring and the University spring.

The purpose of the work is to assess the microbiological safety of water springs in the urban area and the possibility of their use for recreational purposes.

Research objectives:

1. To study the natural, climatic and hydrogeological conditions for the formation of the composition of groundwater in the urban area of Tomsk;
2. To study the chemical composition of the waters of the springs of the "University" group;
3. To study the prevalence and patterns of distribution of the microbial population of the waters of the springs of the University group;
4. To study the temporal variability of the chemical and microbiological composition of the waters of the springs of the University group for the period 2021-2023;

5. To assess the quality and safety of the waters of the University springs and the possibility of their use for recreational purposes.

Initial data and research methods. The work is based on laboratory observations of the chemical composition of natural groundwater springs (basic cations and anions, nutrients, trace elements and generalized parameters of water composition) and microflora, obtained by the author as part of research work during the period of practice. Water sampling was carried out by the author together with the staff of the Problematic Research Laboratory of Hydrogeochemistry (PNL GGH) of the Institute of Hydrogeochemistry at TPU during specially organized events. The selected samples were transported to the accredited laboratory of the PNRL GGH, where laboratory studies of the chemical composition were carried out using the methods of titrimetry, spectrophotometry, potentiometry, etc. The microbiological composition was determined by the methods of classical microbiology.

The assessment of water safety in microbiological terms was carried out on the basis of an analysis of data on the number and species diversity of groups of microorganisms.

Spring water safety assessment

The fundamental role of microorganisms is the maintenance of life on Earth, as it is associated with the carbon cycle and associated cycles of inorganic elements such as oxygen, nitrogen, sulfur, iron, and these cycles are very important. But microorganisms, along with their useful qualities, can harm the human body.

In this work, studies of spring waters were carried out according to the microbiological indicators and the content of a number of components of the chemical composition of waters. On the basis of the data obtained, the safety of spring waters and the possibility of their use for recreational purposes were assessed.

The assessment of water quality was carried out by comparing the contents of the components of the water composition with the norms established for a number of indicators for certain types of water use, including the use of water for recreational purposes. As a norm, the main sanitary and microbiological indicators of water safety of surface water bodies specified in SanPiN 1.2.3685-21 [4] were used.

As mentioned earlier, the University and Dionysia springs are located in the city center, where a large number of places of anthropogenic pollution are concentrated. The springs were sampled in different seasons of the year. The water for analysis was taken in compliance with asepsis rules. Sowing spring water was carried out with a minimum shelf life.

To monitor the microflora of springs, physiological groups of bacteria were selected in accordance with their metabolic needs and resistance to environmental factors. In the observed period, the selected groups were almost constantly present, with rare exceptions.

Analysis of data from microbiological studies of spring waters showed that pathogenic microorganisms were not found in the waters.

However, in terms of the total microbial number, an excess of the indicator was found in all the studied samples, which indicates a possible contamination of water with organic matter and its use for drinking purposes is not safe. The use of the waters of the studied springs for drinking is possible for a short time and after heat treatment.

Mesophilic, psychrophilic saprophytes and oligotrophs were found in the waters of both springs during all observation periods. Their minimum number falls on March 2022 and 2023.

The quantitative ratio of mesophilic saprophytes in both springs can be traced in the diagram shown in Figure 1. There is no definite dependence in their number on the period of time. The maximum number of mesophilic saprophytes in the University spring was found in April 2022 - 440 cells / ml. A slightly smaller number was observed in September 2021. In the spring of Dionysius, their number in the same period was two times less. In September 2022 and March 2023, their number dropped sharply, almost by half, in both one and the other spring. In March 2022, these bacteria were completely absent.

In general, one can note a tendency towards a decrease in the content of this group of bacteria in the waters of the University spring over the period of observation

and a smaller, but constant presence in the waters of the Dionysius spring. The quantitative ratio of mesophilic saprophytes in both springs is shown in Figure 1.

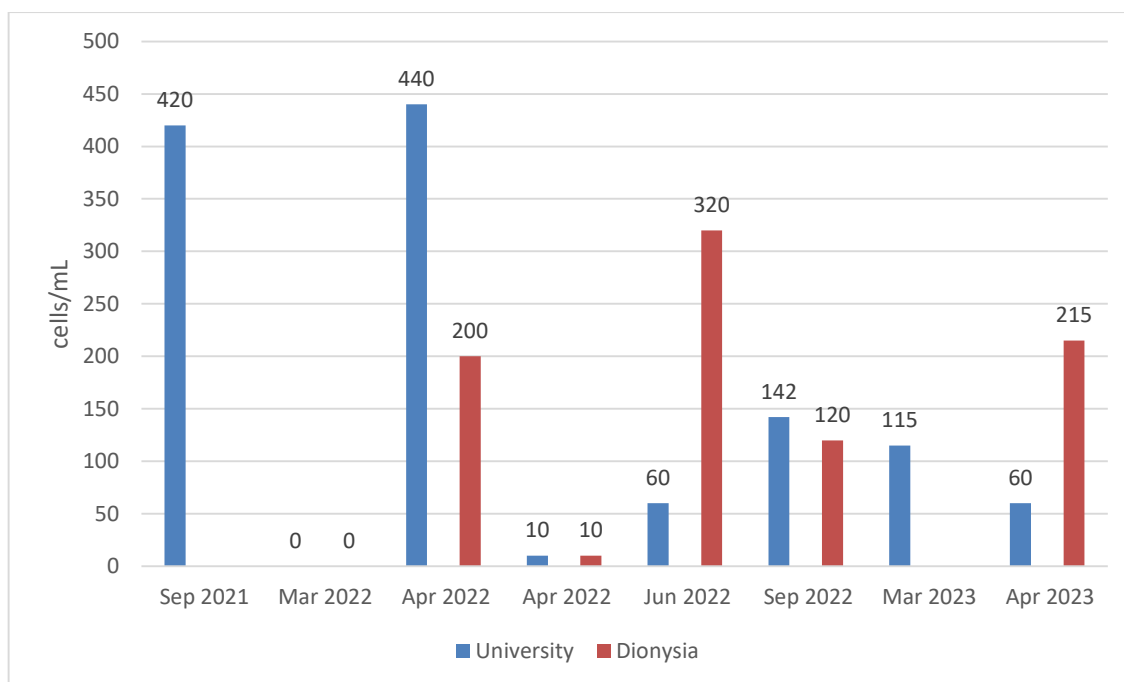


Figure 1 - Temporal variability of the content of mesophilic saprophytes in the waters of the University and Dionysia springs

As it is known, the source of mesophilic saprophytes is sewage contaminated with faeces, as well as coastal runoff. The number of mesophilic saprophytes in the waters of the springs varies according to the dates of sampling. Most likely, this situation is due to weather factors and is associated with the general nature of water precipitation. In accordance with sanitary and hygienic standards, pure natural water must contain less than or equal to 50 cells/ml of mesophilic saprophytes. In other cases, the water is considered dirty. Therefore, the waters of the investigated springs are not safe in sanitary and hygienic terms.

A similar situation was noted for psychrophilic saprophytes. Their number often exceeds the established norms. At the same time, their number exceeds the number of mesophilic saprophytes.

The nature of the distribution of psychrophilic saprophytes in the waters of the springs can be traced in the diagram shown in Figure 2. Their maximum values are typical for the waters of the University spring, and all of them occur in the spring-autumn periods of 2022.

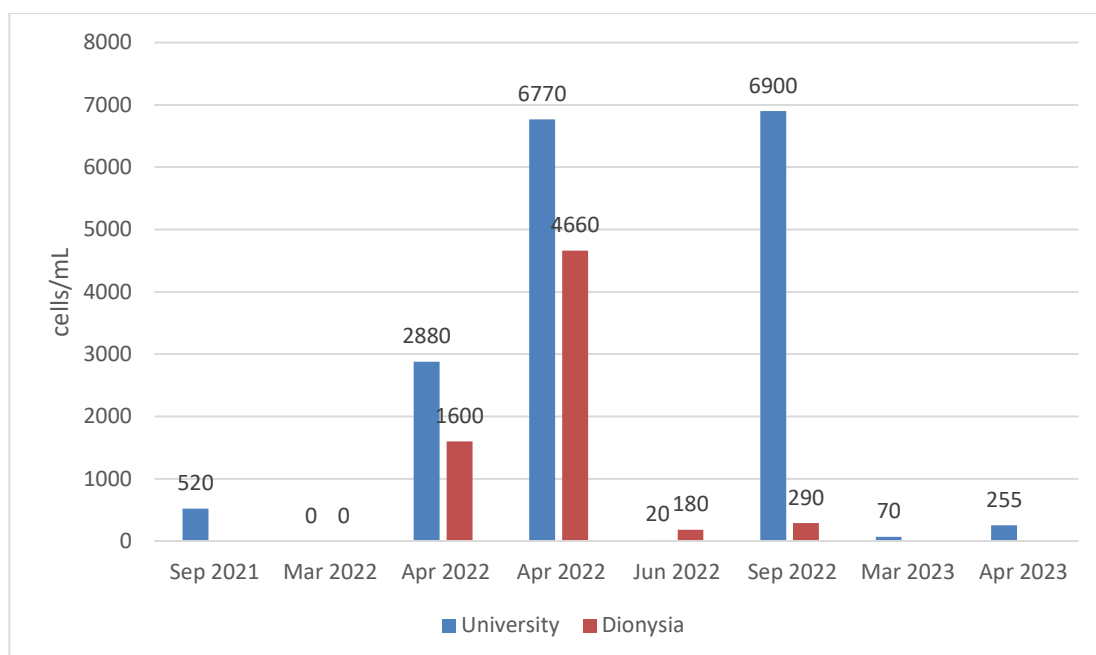


Figure 2 - Temporal variability of the content of psychrophilic saprophytes in the waters of the University and Dionysia springs

A greater number of psychrophilic saprophytes were detected in samples taken in the fall of 2022 - 6900 cells / ml - this is the maximum number for the observation period in the University spring, in the Dionysia spring the situation is reversed, bacteria were found during this sampling period 23.7 times less. In University, less psychrophilic saprophytes, in comparison with September 2022, were detected in June 2022 - 20 cells / ml, while in Dionysia at that time there were 180 cells / ml. A year earlier, in the University spring, in the fall of 2021, 13.3 times less psychrophilic saprophytes were found - 520 cells / ml. It is known that psychrophilic saprophytes inhabit polluted areas. Pollution can be associated with rainfall and melt water.

Comparative characteristics of the number of mesophilic and psychrophilic saprophytes determine the ecological status of spring water. The comparative analysis of the number of mesophilic and psychrophilic microorganisms showed the superiority of the latter, which indicates ongoing processes of water self-purification.

The water sample taken in June contained the named bacteria in the minimum amount.

The temporal variability of the content of oligotrophs in the waters of the University and Dionysia springs is shown in Figure 3.

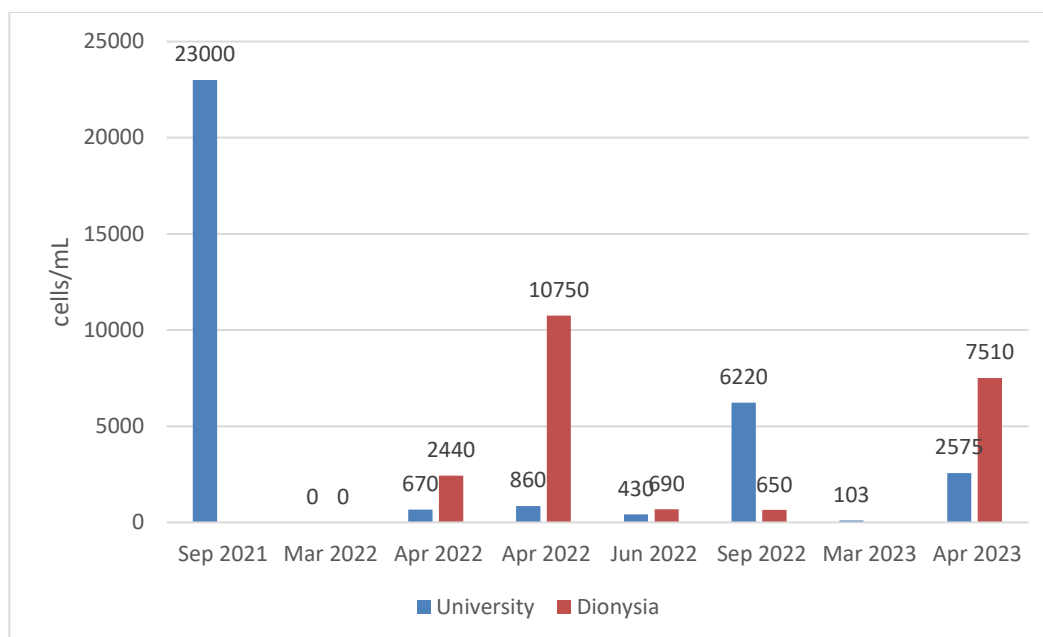


Figure 3 - Temporal variability of the content of oligotrophs in the waters of the University and Dionysia springs

In the water of the springs, oligotrophic bacteria were found in large numbers, shown in Figure 21. The nature of their temporal variability in the waters of the springs is presented. Their maximum number was found in a water sample taken in September 2021 in the University spring - 23,000 cells / ml, and in the Dionysia spring in April 2022, in an amount of 10,750 cells / ml. The minimum number of these bacteria was in samples in March 2022 in both of the springs.

It is known that the composition of the microflora of springs varies depending on the area of their feeding, transit and discharge. The condition and nature of the capturing device is essential. The oligotrophy index, which gives the ratio of the number of oligotrophs and psychrophilic saprophytes, is greater than one in almost all periods of sampling, both in one and in another spring, which indicates ongoing processes of water self-purification.

Conclusion

As a result of the research, the chemical composition of the waters of two springs of the University group in Tomsk, Dionysia and University, was studied. The waters of the springs are fresh, hard in terms of the degree of general hardness, and neutral in pH. According to the chemical composition, the underground waters of the springs are bicarbonate calcium. Among the micro-components in the waters, iron, manganese, barium, and strontium are observed in significant amounts. The noted features of the composition of the studied waters are typical for the groundwaters of the city of Tomsk.

In the waters there are signs of their pollution with organic matter, as evidenced by the high content of nitrate nitrogen and the value of permanganate oxidizability. Along with this, there are signs of anthropogenic influence on the waters of the studied springs, which is indicated by increased relative to natural background values of the content of sulfate ion, chloride ion and nitrate ion, as well as sodium and potassium ions. The negative impact on the waters is permanent and the waters show consistently high levels of the normalized components noted above over a 3-year period of monitoring the composition of spring waters.

The main source of negative impact on groundwater is: wastewater of various genesis - storm wastewater from the territories of industrial sites of factories, residential areas and highways; unauthorized dumps of domestic waste, and in the area of unloading springs - a large-scale storage of construction waste.

In microbiological terms, the spring waters are classified as dirty. In significant quantities, they contain bacteria of the nitrogen group. The presence of mesophilic saprophytes indicates an unfavorable sanitary condition of the waters. To a greater extent, this is typical for the waters of the Dionysia spring.

The noted features of the composition of the waters of the studied springs indicate their satisfactory quality and it is impossible to use water for drinking purposes without appropriate preliminary treatment.

It is safe to stay in the territory of unloading springs for recreational purposes. Moreover, the territory in close proximity to the springs can be considered as a place

of rest without hindrance. It can be used for scientific and educational purposes and at the same time deliver aesthetic pleasure.

Bibliography:

1. Vertman E.G., Nazarov A.D. The report "Study of the hydrodynamic and hydrogeochemical regime of the springs in Tomsk". Tomsk: Funds TPU, 2004.- 201c.

2. Russian Federation. Laws. On the sanitary and epidemiological well-being of the population: Federal Law No. 52 of March 30, 1999 [adopted by the State Duma on March 12, 1999, approved by the Federation Council on March 17, 1999]. - Moscow, 1999. - 33 p. - (Current law).

3. Mareev I. A., Drinking water quality as a global environmental problem / I. A. Mareev. - Text: direct // Young scientist. - 2020. - No. 50 (340). - S. 402-403. — URL:

4. SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans."