

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование агрессивности геологических сред на застраиваемых территориях г. Томска

УДК 624.131.1(1-21)(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ61	Михайлова Елена Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Хващевская А.А.	к. г.-м. н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ШБИП	ОСГН Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Матвеевко И.А.	д.ф.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Савичев О.Г.	д. г. н., профессор		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Использовать <i>фундаментальные</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные <i>знания в области специализации</i> при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и водопользования	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-1, ПК-2) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Ставить и решать научно-исследовательские и <i>инновационные</i> задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования <i>в условиях неопределенности</i> с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ОПК-6) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Выполнять <i>инновационные</i> проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением <i>фундаментальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов для достижения <i>новых</i> результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ПК-6, ПК-8, ОПК-7) Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	<i>Разрабатывать</i> на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-7, ОПК-4) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Планировать, организовывать и выполнять <i>исследования</i> антропогенного воздействия	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	на компоненты природной среды, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с помощью глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов</i>	7, ПК-9, ОПК-3) Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р6	Профессионально выбирать и использовать <i>инновационные</i> методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-6, ОПК-5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
Р7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного <i>менеджмента</i> , находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды	Требования ФГОС ВПО (ОК-6, ОК-7, ПК-1, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.2.1, 2.4) согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и <i>инновационной</i> деятельности.	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОПК-3). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве <i>руководителя группы</i> , в том числе и <i>международной</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать	Требования ФГОС ВПО (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ПК-1, ОПК-1, ОПК-2) Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3, 2.4),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	<i>ответственность за работу коллектива, готовность следовать профессиональной этике и нормам, корпоративной культуре организации</i>	согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов <i>инновационной инженерной деятельности</i> , <i>осведомленность</i> в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть <i>компетентным</i> в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ,). Критерий 5 АИОР (пп. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	<i>Самостоятельно</i> приобретать с помощью новых информационных технологий <i>знания и умения</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ПК-3, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (пп. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Савичев О.Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ61	Михайловой Елене Андреевне

Тема работы:

Исследование агрессивности геологических сред на застраиваемых территориях г. Томска	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	23.01.2017 №135/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являются водные вытяжки из грунтов сельскохозяйственной территории п. Зональная Станция (Томский район).</p> <p>В работе использовались результаты полевых и лабораторных исследований состава водной вытяжки из грунтов и подземных вод, отобранных на территории бывших сельскохозяйственных угодий п. Зональная Станция осенью 2016 года, а также литературные данные.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физико-географические условия района исследования (по литературным данным); 2. История изучения процесса подземной коррозии; 3. Основные факторы возникновения агрессивности грунтов; 4. Химический состав водной вытяжки из грунтов исследуемой территории; 5. Особенности распределения компонентов по глубине залегания грунта на исследуемой территории; 6. Коррозионная активность грунтов бывших сельскохозяйственных угодий п. Зональная Станция; 7. Химический состав и агрессивность подземных вод территории п. Зональная Станция; 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 9. Социальная ответственность.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1 – Схема расположения объекта исследований;</p> <p>Лист 2 – Химический состав водной вытяжки из грунтов исследуемой территории;</p> <p>Лист 3 – Сравнительная характеристика содержания компонентов в грунтах по фактическим и литературным данным;</p> <p>Лист 4 – Взаимосвязь концентраций компонентов состава водной вытяжки из грунта по глубине его залегания;</p> <p>Лист 5 – Агрессивность грунтов к строительным материалам по данным химического состава водной вытяжки из грунта исследуемой территории;</p> <p>Лист 6 – Химический состав и агрессивность подземных вод на исследуемой территории.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент ООД ШБИП О.А. Немцова</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Ассистент ОСГН ШБИП Макашева Ю.С.</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Доцент ОИЯ ШБИП Матвеев И.А.</p>

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
Глава 1. Природные условия исследуемого района
Глава 2. Агрессивность грунтов и коррозионные процессы
Глава 3. Методика проведения работ
Глава 4. Химический состав грунтов п. Зональная Станция
Глава 5. Агрессивность грунтов (водной вытяжки из грунта) застраиваемой территории
Глава 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Глава 7. Социальная ответственность
Приложение А. The main factors of soil aggressiveness and their influence on the course of corrosion processes in concrete, aluminum and lead

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.01.2017 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Хващевская А.А.	к. г.-м. н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ61	Михайлова Е.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 20.04.02 Природообустройство и водопользование
Уровень образования высшее профессиональное образование
Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.08.2017	<i>Природные условия исследуемой территории</i>	5
24.11.2017	<i>История изучения процесса подземной коррозии</i>	10
27.12.2017	<i>Основные факторы возникновения агрессивности грунтов</i>	15
15.02.2018	<i>Коррозионные процессы и их классификация</i>	10
05.03.2018	<i>Характеристика химического состава водной вытяжки из грунтов п. Зональная Станция</i>	15
20.03.2018	<i>Проведение сравнительной характеристики содержания компонентов в грунтах</i>	10
1.04.2018	<i>Выявление особенностей распределения компонентов по глубине залегания грунта</i>	10
27.04.2018	<i>Характеристика химического состава и агрессивности подземных вод территории п. Зональная станция</i>	5
15.05.2018	<i>Описание коррозионной активности грунтов</i>	5
23.05.2018	<i>Социальная ответственность</i>	5
27.05.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	5
31.05.2018	<i>Написание части ВКР на иностранном языке</i>	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Хващевская А.А.	К. Г.-М. Н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Савичев О.Г.	Д. Г. Н., профессор		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 157 с., 32 рис., 44 табл., 127 источников, 1 прил.

Ключевые слова: агрессивность, коррозия, агрессивность грунтов сельскохозяйственных угодий, водная вытяжка, агрессивность подземных вод, химический состав, коррозия свинца, бетона, алюминия, здания и сооружения.

Объектом исследования являются водные вытяжки из грунтов сельскохозяйственной территории п. Зональная Станция (Томский район).

Цель работы – изучение агрессивности геологической среды (водной вытяжки из грунта) бывшей сельскохозяйственной территории, отведенной под строительство зданий, по содержанию коррозионноактивных водорастворимых компонентов состава грунта, претерпевшего агрогенные воздействия.

В процессе исследования проводилось изучение макро- и микрокомпонентного состава водной вытяжки из грунта, содержания в ней соединений азота, органического вещества, солесодержания и кислотно-основных свойств среды, а также выявлены некоторые закономерности поведения указанных компонентов состава вытяжек и даны характеристики исследованных образцов с точки зрения их коррозионной активности.

В результате исследования изучен химический состав водной вытяжки из грунтов и характер поведения коррозионноактивных водорастворимых компонентов состава грунта по глубине его залегания. На основе полученных данных о химическом составе водной вытяжки из грунтов дана оценка их агрессивности по отношению к бетону, стали, а также алюминиевой и свинцовой оболочке кабеля.

Область применения: гидрогеохимия, геохимия, инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания.

Экономическая эффективность/значимость работы. Информация, представленная в данной работе, способствует проведению своевременной и правильной антикоррозионной защите материалов зданий, увеличив тем самым срок эксплуатации зданий и снизить в будущем затраты на их ремонт.

Оглавление

Введение	11
ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	15
1. Природные условия исследуемого района.....	15
1.1. Географическое положение	15
1.2. Геологическое строение.....	16
1.3. Геоморфология.....	19
1.4. Климат.....	20
1.5. Гидрологическая характеристика	28
1.6. Почвы	32
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	40
2. Агрессивность грунтов и коррозионные процессы.....	40
2.1. История изучения процесса подземной коррозии	40
2.2. Основные факторы возникновения агрессивности грунтов	46
2.3. Коррозионные процессы и их классификация	54
3. Методика проведения работ.....	66
3.1. Отбор проб грунта	66
3.2. Подготовка грунтов к анализу и приготовление водной вытяжки	67
3.3. Анализ водных вытяжек из грунтов	67
3.4. Обработка результатов	74
4. Химический состав грунтов п. Зональная Станция	80
4.1. Химический состав водной вытяжки из грунтов п. Зональная Станция	80
4.2. Сравнительная характеристика содержания компонентов в грунтах по фактическим и литературным данным	82
4.3. Особенности распределения компонентов по глубине залегания грунта	90
4.4. Химический состав и агрессивность подземных вод на территории п. Зональная Станция.....	98
5. Агрессивность грунтов (водной вытяжки из грунта) застраиваемой территории	104
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	108
6.1. Расчет затрат времени, труда, материалов, оборудования и стоимости основных выполняемых работ.....	109
6.2. Контрагентские расходы.....	113
6.3. Расчет затрат на оплату труда и отчислений на различные социальные нужды	113
6.4. Общая сметная стоимость.....	114
7. Социальная ответственность.....	118
7.1. Профессиональная социальная безопасность	119
7.2. Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению	120
7.3. Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению	126
Заключение.....	134
Список публикаций	135
Список использованных источников	136
Приложение А.....	147

Введение

Актуальность работы.

В настоящее время значительная часть земель бывших сельскохозяйственных угодий, примыкающих к городским территориям, переводится в городской фонд и отводится под строительство зданий и сооружений различного функционального назначения.

Грунты являются одним из важных компонентов геологической среды активно используемым в жизнедеятельности человека. Изменения в характере их химических и физико-химических свойств происходят в результате различных влияний и воздействий на них хозяйственной деятельности человека. К подобному роду воздействий, помимо прочего, относятся и использование почв в сельскохозяйственных целях. Для повышения их урожайности и борьбы с вредителями на этих территориях используются сельскохозяйственные технологии агрогенных воздействий:

- внесение стандартных минеральных удобрений; внесение почвенных мелиораторов (раскисителей, гипса, торфа, песка или глины);
- проведение водной мелиорации (осушение или орошение);
- обработка территории инсектицидами, фунгицидами, гербицидами, дефолиантами
- обработка почвы, сопровождающаяся ее уплотнением, взаимодействием с истирающимися элементами орудий ее механической обработки и с выхлопами транспортных средств.

Указанные особенности эксплуатации сельскохозяйственных территорий могут значительно изменить содержание ряда компонентов состава грунта и усилить его агрессивность по отношению к строительным материалам и конструкциям.

В этой связи изучение химического состава грунтов территорий, используемых ранее для отличных от строительных нужд целей является актуальным при проведении инженерных изысканий под строительство зданий различного функционального назначения.

Исходные данные к работе. В основу магистерской диссертации положены результаты полевых и лабораторных исследований состава водной вытяжки из грунтов, отобранных с территории сельскохозяйственных угодий п. Зональная Станция (Томский район) осенью 2016 года. Полевые работы проводились сотрудниками изыскательной организации ООО «Геостройизыскания». Лабораторные работы, включающие подготовку и химический анализ водной вытяжки, проведены в ПНИЛ гидрогеохимии ИШПР ТПУ при непосредственном участии автора. На участке исследования было отобрано 11 проб грунтов с глубины от 0 до 12 м.

Целью работы является изучение агрессивности геологической среды (водной вытяжки из грунта) бывшей сельскохозяйственной территории, отведенной под строительство зданий, по содержанию коррозионноактивных водорастворимых компонентов состава грунта, претерпевшего агрогенные воздействия.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решить следующие **задачи:**

1. Изучить природные условия района исследований;
2. Изучить химический состав водной вытяжки из грунтов бывших сельскохозяйственных угодий, включающий в себя коррозионноактивные водорастворимые компоненты;
3. Выявить особенности распространения коррозионноактивных водорастворимых компонентов грунтов с глубиной их залегания;
4. Оценить степень изменчивости химического состава (коррозионноактивных водорастворимых компонентов) водной вытяжки из грунтов бывших сельскохозяйственных угодий по отношению к составу почв этой территории, установленному ранее;
5. Рассмотреть химического состава подземных вод на участке исследования и проанализировать степень их агрессивности;
6. Оценить агрессивность водной вытяжки из грунтов по отношению к бетону, стали, свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля.

Объектом исследования являются водные вытяжки из грунтов сельскохозяйственной территории п. Зональная Станция (Томский район).

Предмет исследования – агрессивность водной вытяжки из грунтов территории бывшей в сельскохозяйственном применении.

В результате исследования изучен химический состав водной вытяжки из грунтов и характер поведения коррозионноактивных водорастворимых компонентов состава грунта по глубине его залегания. На основе полученных данных о химическом составе водной вытяжки из грунтов дана оценка их агрессивности по отношению к бетону, стали, а также алюминиевой и свинцовой оболочке кабеля. Эта информация способствует проведению своевременной и правильной антикоррозионной защите материалов зданий, увеличив тем самым срок эксплуатации зданий и снизить в будущем затраты на их ремонт.

Научная новизна. Впервые для водной вытяжки из грунтов территории бывшей в сельскохозяйственном использовании получены данные по распространенности и особенностям поведения водорастворимых коррозионноактивных компонентов. Установлена роль агрогенных воздействий на агрессивность геологической среды.

Практическая значимость результатов ВКР. Результаты работы используются в ООО «Геостройизыскания» при составлении технического отчета на проектирование зданий и сооружений различного назначения в пределах исследуемого участка.

Апробация работы. По теме диссертации опубликовано 2 печатные работы. Отдельные разделы диссертации представлены на международных конференциях: XXI Международный симпозиум имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (2017 г.) – отмечена дипломом III степени, XXII Международный симпозиум имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (2018 г.).

Автор выражает глубочайшую благодарность своему научному руководителю к.г.-м.н. А.А. Хващевской за внимание, ценные советы и помощь при выполнении работы. Особо признателен автор сотрудникам ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ за проведение химико-аналитических работ, а также сотрудникам АО «ТомскТИСИЗ» в лице Е.М. Сачковой и В.К. Зайцевой, и сотрудникам ООО «Геостройизыскания» за предоставленные материалы.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Природные условия исследуемого района

1.1. Географическое положение

Территория района исследований п. Зональная Станция расположен восточнее Кировского района г. Томска. В административном плане г. Томск является областным центром Томской области и граничит с Красноярским краем, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Тюменской областями. Исследуемый участок в административном отношении приурочен к северной окраине Томского сельского района «Зональненское сельское поселение» (рисунок 1) [1].

В географическом отношении территория исследований расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, на границе её с Томь - Колыванской складчатой зоной. Участок исследования расположен на правом берегу р. Томи, в пределах Томь–Яйского междуречья.

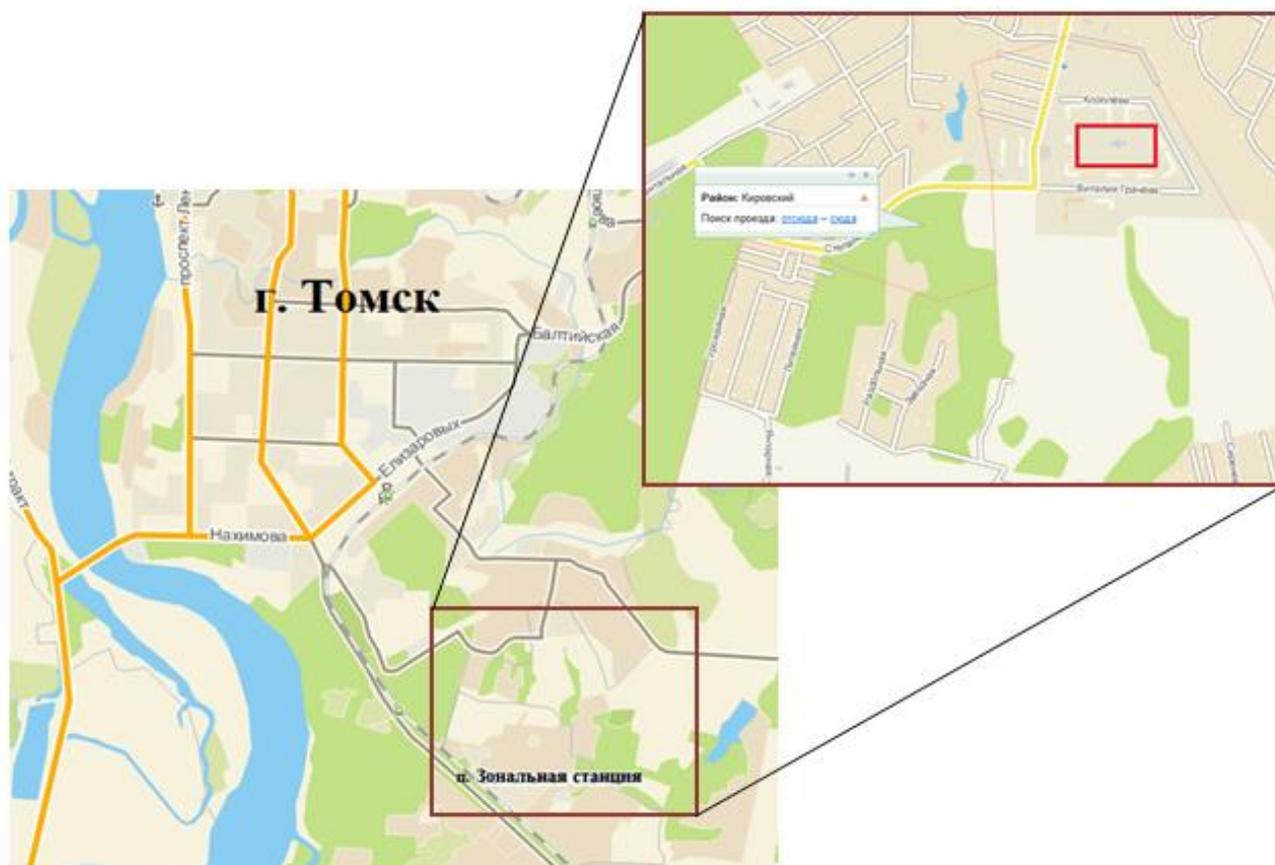


Рисунок 1 – Схема расположения участка исследования

 – район исследования;  – участок исследования)

1.2. Геологическое строение

Геологическое строение участка исследования, как и в целом г. Томска, обусловлено расположением его на стыке тектонических структур Западно-Сибирской плиты и Томь - Колыванской геосинклинальной зоны (рисунок 2). Благодаря такому расположению район характеризуется широким диапазоном стратиграфических разрезов от среднего девона до верхнего палеогена [2].

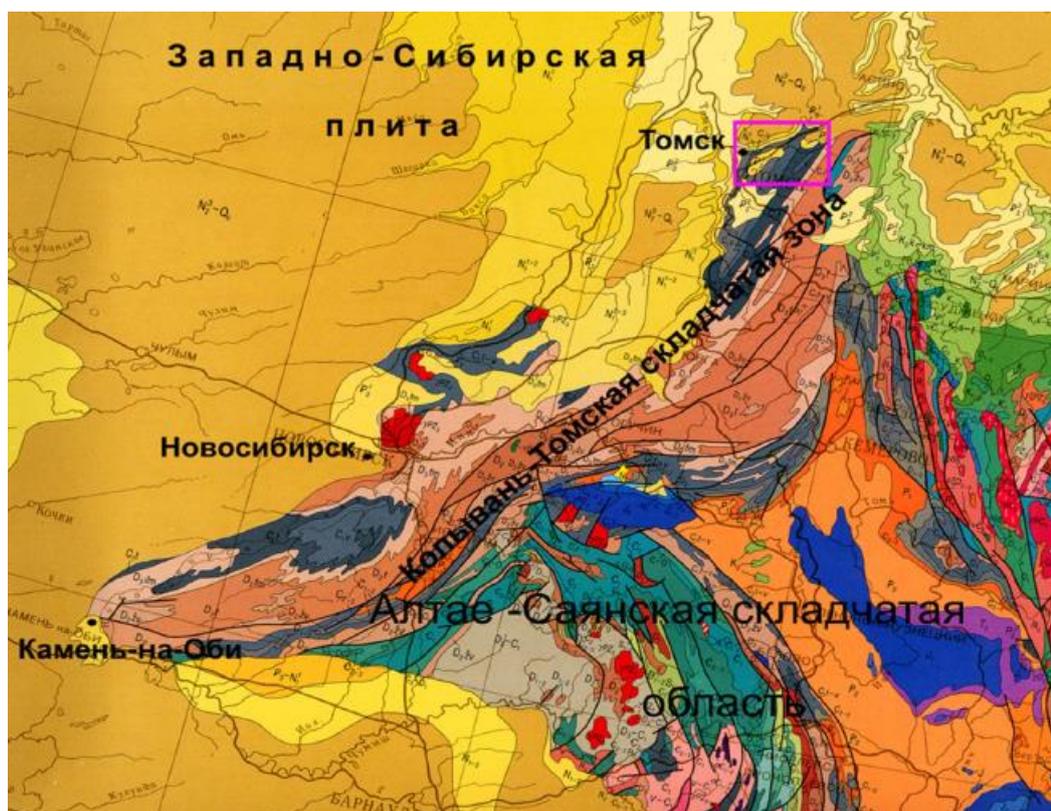


Рисунок 2 – Расположение г. Томска на стыке тектонических структур Западно-Сибирской плиты и Томь - Колыванской геосинклинальной зоны

( – г. Томск) [2]

Геологическая история территории восстанавливается на основании анализа разновозрастных отложений, слагающих три структурных этажа.

Нижний структурный этаж сложен рифей-вендскими породами, выступающими в блоковых структурах северного продолжения Кузнецкого Алатау, которые представлены офиолитами и островодужными вулканитами, что свидетельствует о существовании в этот период океанической структуры [3].

Палеозойский комплекс пород слагает средний структурный этаж и представлен девонско-каменноугольными морскими и вулканогенно-осадочными толщами, представленными в основном базальтами, их туфами, песчаниками, глинистыми сланцами, аргиллитами и алевролитами, известняками [2]. Поверхность этого этажа представляет собой низкогорный рельеф с перепадами высот до 250 м и бронирована каолиновой корой выветривания.

Мезозойско-кайнозойский комплекс пород - верхний структурный этаж (платформенный чехол), представленный меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями, имеющими мощность от нескольких десятков до сотен метров [3].

Меловые отложения по происхождению имеют континентальный генезис. На это указывают фауна, а также особенности литологии: железистость и пестроцветность пород, которые образовались за счет переотложения коры выветривания в небольших разобщенных бассейнах в обстановке умеренно-жаркого, переменного-влажного климата. Представлены меловые отложения в первую очередь гравием, галечниками, песками, песчаниками, алевролитами и светло-серыми и белыми каолиновыми глинами. Последние образовались в виде коры выветривания в результате интенсивной денудации глинистых сланцев в течение всего мезозоя [2].

Палеогеновые отложения залегают на поверхности коры выветривания и представлены песчано-глинистыми осадками морского и континентального происхождения мощностью до 200 м. В эпоху эоцена современная правобережная зона Томи являлась прибрежной частью мелкого моря (Люлинворское море), расположенного западнее, о чем свидетельствуют следующие факты: хорошая сортировка песков продуктивных толщ, приуроченность песчано-гравийных горизонтов к выступу фундамента, распространение продуктивных толщ вертикального и площадного распространения в пределах одного террасированного уровня.

В начале миоцена современная правобережная зона Томи медленно поднимается, а параллельно с этим в западной части района происходит неравномерное опускание, что приводит к началу формирования на рубеже миоцена и плиоцена речного потока пра-Томи, верховья которой располагались в Кузнецкой котловине.

В плиоцене-эоплейстоцене активизировались тектонические движения, что привело к общему поднятию гор Южной Сибири и формированию Томского вала, соответствующего антиклинальной структуре, заложенной ещё в конце палеозоя. В результате понизился базис эрозии местной гидросети и усилилось расчленение территории. Сформировались галечники с гравелистыми песками, сохранившиеся во впадинах палеозойского фундамента. Поднятие территории Томь-Яйского междуречья продолжается до сих пор [3]. Отложения кочковской свиты, являющаяся представительной для эоплейстоцена на территории Томского района, широко распространены на водораздельных пространствах рек Томь и Яя, и представлены песчано-галечниковыми отложениями, глинами и алевролитами.

В неоплейстоцене наступило похолодание, которое привело к оледенению на значительной части Западно-Сибирской равнины. Это поспособствовало образованию таких отложений, как серые, голубовато-серые иловатые озерные, аллювиально-озерные глины, суглинки, супеси и пески. На водораздельных пространствах формировались покровные отложения – лёссовидные суглинки.

На водоразделах голоцен представлен современными почвами, элювиально-делювиальными суглинками, эоловыми песками [2].

Геолого - литологический разрез исследуемой территории представлен современными биогенными отложениями (bQ_{IV})-почвенно-растительным слоем, средне-верхнечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями водораздела (laQ_{II-III}) –суглинками, супесью, гравийным грунтом [4].

1.3. Геоморфология

Рельеф города Томска достаточно разнообразен за счет расположения в его пределах р. Томи, которая делит городскую территорию на две части – правобережье и левобережье, и ее правых притоков – р. Басандайкой в южной части города, р. Ушайкой в центре города и р. Киргизкой в северной его части. Абсолютные высоты в пределах города варьируются от 73 м до 180 м [4].

В пределах левобережья выделяются два типа рельефа: заболоченный плоскоравнинный, местами пологоволнистый, располагающийся на большей части водораздельных пространств, и эоловый на площадях развития песчаных отложений II-ой и III-ей надпойменных террас рек Томь и Обь и водораздельных пространствах. Абсолютные отметки в пределах левобережья не превышают 150 м.

Водораздельная поверхность правобережья, входящая в состав аккумулятивной поверхности аллювиально-озерного выравнивания эоплейстоцен-среднеплейстоценового возраста, имеет полого-увалистый тип рельефа, с суффозионными просадочными понижениями имеющие как слабую выраженность, так и четкие котловины размером от десятков до сотен метров. Абсолютные отметки в ее пределах достигают 200 м [2].

Долина реки Томи образует ряд террасовых уступов, поверхности которых относительно ровные с небольшим уклоном к реке [4]. Вопрос о количестве этих уступов, террас, спорен. По максимальному счету непосредственно в Томске и его ближайших окрестностях некоторыми авторами выделяются до пяти террас [2]. Другими авторами выделяется четыре надпойменные террасы, что связано со слиянием в большинстве мест в один уровень первой надпойменной террасы и дна долины высокой поймы, который, с учетом преобладания последней, считается высокой поймой [5]. Кроме того, есть и другое мнение, заключающееся в том, что р. Томь имеет три надпойменные террасы. Оно основывается на затруднении выделения четвертой и пятой террас в связи с отсутствием у них четких тыловых швов –

их поверхности сливаются и постепенно переходят в водораздельную поверхность [2].

Склоны всех террас различны по высоте и крутизне. Наличие склонов крутизной от 65° до 70° способствует развитию опасных геологических процессов, таких, как оползни, оврагообразование и эрозионная деятельность.

В геоморфологическом отношении исследуемый участок приурочен к поверхности Томь-Яйского водораздела и представлен озерно-аллювиальными средне-верхнечетвертичными отложениями (IaQ II-III). Рельеф местности пологоволнистый (рисунок 3), расчленён сетью логов с микропонижениями, западинами и заболоченностью.



Рисунок 3 – Пологоволнистый рельеф участка исследования [4]

Абсолютные отметки поверхности исследуемого участка изменяются от 130 до 141 м [4].

1.4. Климат

Климат г. Томска является переходным от умеренно-континентальной Русской равнины к резко-континентальному Восточной Сибири. Это обуславливается взаимодействием трех основных климатообразующих

факторов (солнечной радиации, влиянием подстилающей поверхности и циркуляцией атмосферы) [6].

Годовой приход суммарной солнечной радиации при средних условиях облачности для территории города Томска в среднем составляет 3967 МДж/м², а годовая сумма рассеянной радиации составляет 1936 МДж/м² [7].

В отдельные годы значение как рассеянной, так и прямой радиации может значительно отличаться от средней величины, что напрямую зависит от облачности. Так, средняя годовая облачность для Томска составляет 6,8 балла. Максимальная облачность наблюдается в октябре (7,1 балл), минимальная - в феврале, апреле и июле (6,2 балла).

Приходя на земную поверхность, солнечная радиация имеет ту или иную степень отражения от нее в зависимости от альbedo поверхности. Альbedo естественной поверхностей на территории Томска колеблется с мая по сентябрь в пределах 22-23% в зависимости от цвета почвы и состояния растительного покрова. С октября по апрель значение альbedo варьируется более сильно, и составляет от 46% до 81%, что связано в основном с наличием или отсутствием снежного покрова и его состоянием.

В связи с перечисленными факторами, период с положительным радиационным балансом в пределах города составляет примерно семь месяцев. Максимум месячных сумм радиационного баланса наблюдается в июне-июле и равен 350 МДж/м², но и в июне и августе радиационный баланс достаточно велик. К осени наряду с понижением прихода радиации уменьшается и доля радиационного баланса. В октябре в связи с увеличением альbedo поверхности и дальнейшим снижением суммарной радиации происходит резкое уменьшение месячных сумм баланса, наименьший радиационный баланс отмечается в январе [7].

На формирование климата г. Томска большое влияние оказывает его географическое положение. Располагаясь в южно-восточной части Западно-Сибирской равнины, которая с востока и запада ограничена горными поднятиями, территория слабо подвержена влиянию переноса воздушных масс

в широтном направлении. Равнинная поверхность области, ее открытость с севера и юга благоприятны для свободного проникновения воздушных масс, как с Арктики, так и из Средней Азии [8].

Результаты воздействия периферийных частей барических образований также прослеживаются на образовании климатических условиях г. Томска. Зимой основными центрами действия атмосферы, влияющими на погоду территории, является исландский минимум (глубокий циклон над Исландией) и азиатский максимум (мощный антициклон в Азии с центром над Тувой и Монголией). Формирование азиатского антициклона начинается в октябре, но наибольшего развития он достигает в декабре, январе, феврале. Исследуемый район подвержен влиянию его западного отрога. Весной подстилающая поверхность нагревается, давление над ней падает, а в апреле азиатский максимум разрушается. Летом на юге Западной Сибири возникает высокое давление в случае распространения на континент отрога азорского антициклона. Это способствует формированию в пределах города малооблачной и жаркой погоды [6].

Климат территории исследования отличается продолжительной и суровой зимой и коротким, но теплым летом. В течение года наблюдаются значительные колебания температуры воздуха (табл. 1). Среднегодовая многолетняя температура в пределах г. Томска равна $-0,5^{\circ}\text{C}$ [7].

Таблица 1 – Годовой ход температуры воздуха ст. Томск, $^{\circ}\text{C}$ [7]

<i>месяц</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>тем – ра</i>	-19,1	-16,9	-9,9	0	8,7	15,4	18,3	15,1	9,3	0,8	-10,1	-17,3

Продолжительность периода со средними отрицательными температурами составляет 5 месяцев (рис. 4). Устойчивые отрицательные температуры устанавливаются в ноябре, и длятся до марта включительно. Самый холодный месяц — январь, когда среднемесячная температура составляет $-19,1^{\circ}\text{C}$.

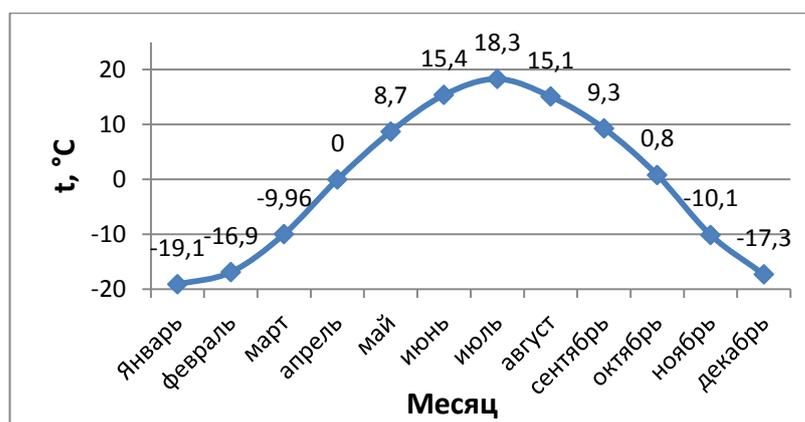


Рисунок 4 – Годовой ход температуры воздуха на ст. Томск

В пределах г. Томска самым жарким месяцем года является июль, нередко температуры 30 и выше градусов тепла. Среднемесячная температура июля составляет 18,3°C. Амплитуда среднемесячной температуры между январем и июлем составляет 37,4°C.

Практическое значение имеет учет числа дней с переходом температуры воздуха 0 °C, так как в этот период происходит изменение фазового состояния воды в течение суток, что вызывает разрушение строительных конструкций и материалов. Начало весны (переход средней суточной температуры через 0°C) в районе г. Томска происходит во второй декаде мая. В среднем, продолжительность безморозного периода составляет 115 дней. Период отсутствия заморозков (переход через 10°C) начинается 25 мая и заканчивается 18 сентября, что составляет 116 дней [7].

Так же, как годовой ход температуры воздуха, годовой ход температуры поверхности почвы имеет простой вид с одним максимумом и одним минимумом (рис. 5). Средняя температура поверхности почвы с декабря по февраль изменяется незначительно (табл. 2). С февраля по июль температура возрастает от - 20°C до 23°C, с июля по ноябрь уменьшается с 23°C до -11°C. Минимальная температура поверхности почвы наблюдается в январе и феврале, и составляет -20°C (абсолютный минимум наблюдается в феврале и равен -53°C), максимум в июле и равен 23°C (абсолютный максимум 58°C). Годовая амплитуда температуры поверхности почвы составляет 43°C [7].

Таблица 2 – Средняя месячная, абсолютная максимальная и абсолютная минимальная температура поверхности почвы ст. Томск, °С [7]

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-20	-20	-11	0	11	20	23	17	10	0	-11	-18
Абс.макс	1	6	15	32	48	56	58	51	41	27	8	2
Абс.мин	-51	-53	-43	-39	-13	-7	1	0	-10	-37	-50	-52

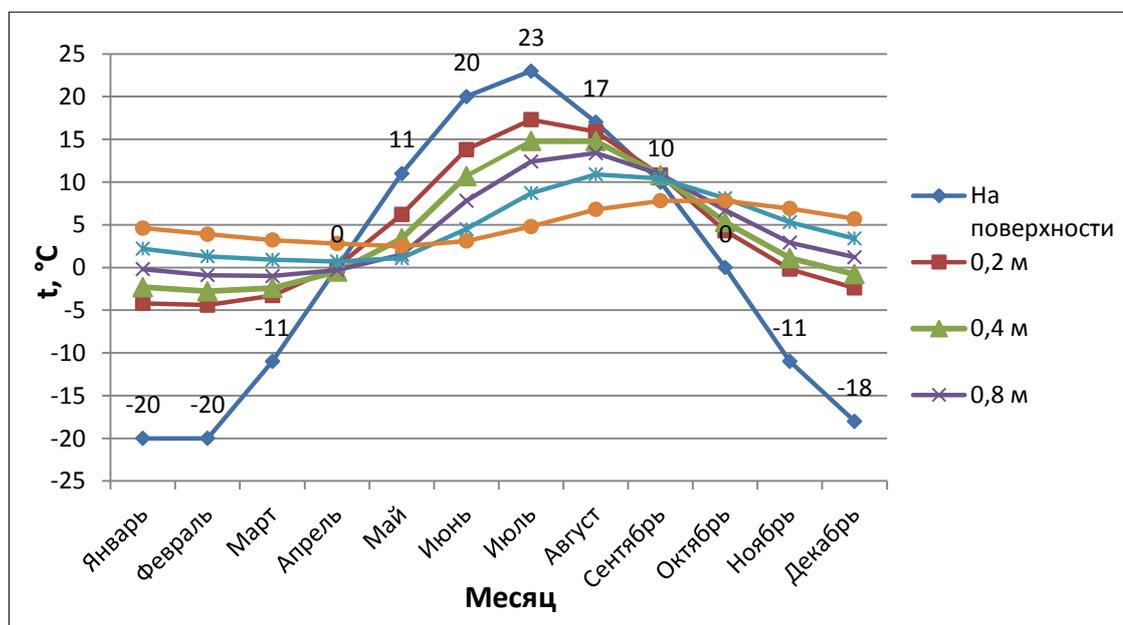


Рисунок 5 – Годовой ход температуры почвы ст. Томск

Под оголенной поверхностью средние месячные температуры почвы летом выше, чем под естественной; зимой под снежным покровом температуры значительно выше, чем под оголённой поверхностью. Основной характеристикой термического режима более глубоких слоев почвы является средняя месячная и годовая температура почвы на глубинах 0,2 – 3,2 м (табл. 3). Наибольшая изменчивость температуры почвы на глубинах наблюдается весной, а не зимой, как у температуры воздуха. Еще один максимум изменчивости отмечается в октябре – ноябре [7].

Таблица 3 – Средняя месячная температура почвы в районе г. Томска на различных глубинах по вытяжным термометрам [7]

Глубина, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,2	-4,2	-4,4	-3,3	0,1	6,2	13,8	17,3	15,9	10,8	4,3	-0,2	-2,4
0,4	-2,3	-2,8	-2,4	-0,5	3,4	10,7	14,8	14,8	10,8	5,3	1,1	-0,8
0,8	-0,2	-0,9	-1,0	-0,3	1,5	7,8	12,4	13,4	10,9	6,7	2,9	1,2
1,6	2,2	1,3	0,9	0,7	1,1	4,5	8,7	10,9	10,4	8,1	5,3	3,4
3,2	4,6	3,9	3,2	2,8	2,5	3,1	4,8	6,8	7,8	7,8	6,9	5,7

На состав компонентный почв и их миграцию активно влияет глубина их промерзания. Глубина промерзания почвы за зиму варьируется от 4 см, в ноябре, до 69 см в апреле (табл. 4). В среднем, устойчивое промерзание почв начинается с 1 ноября и заканчивается в первой половине мая.

Таблица 4 – Глубина промерзания почвы в районе г. Томска, см [7]

Месяц	XI	XII	I	II	III	IV
Глубина, см	4	29	45	52	59	65

Переход среднесуточной температуры на поверхности почвы через 0 °С в среднем осуществляется 31 мая и 15 сентября, таким образом, продолжительность периода с температурой выше 0 °С в среднем составляет 105 дней [7].

Глубина проникновения температуры 0°С в почву в значительной степени зависит от высоты снежного покрова. Чем больше высота снежного покрова, тем глубина проникновения в почву отрицательных температур меньше.

Количество и распространение как жидких, так и твердых осадков определяется циркуляционными особенностями атмосферы, определяющими как перемещение воздушных масс, так и формирования восходящих и нисходящих движений воздуха. Поскольку на изучаемой территории преобладают нисходящие движения воздуха, здесь наблюдается меньшее количество пасмурных дней и осадков [8].

Среднее годовое количество осадков, выпадающих в пределах города Томска, составляет 591 мм (табл. 5). В течение года осадки выпадают неравномерно, большая часть осадков, около 70% от годовой суммы, выпадает с мая по октябрь, основное количество осадков выпадает в виде дождя в летний период. Зимой увеличивается число дней с осадками, но уменьшается их суточное количество. Минимум осадков приходится на февраль составляет 23 мм, а максимум наблюдается в июле и равен 77 мм (рис. 6). Максимум среднегодовые осадки достигали в 1970 и составляли 576 мм, минимум в 1973 году, и составляли 258 мм [7].

Таблица 5 – Месячное и годовое количество осадков с поправками на смачивание, мм [7]

<i>месяц</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
<i>осадки</i>	34	23	28	31	51	67	77	76	49	55	58	42	591

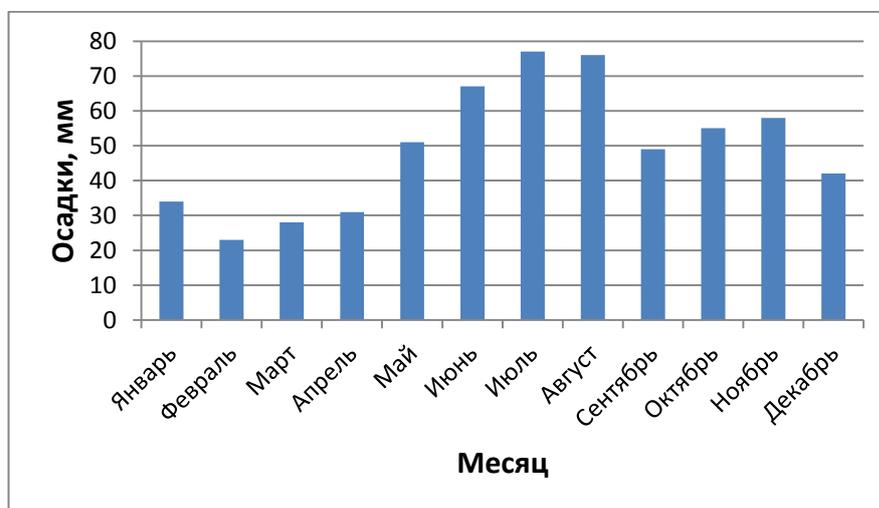


Рисунок 6 – Годовой ход осадков в пределах г. Томска, мм

Годовое распределение осадков на жидкие, твердые и смешанные имеет следующие значения 335 мм, 211 мм и 45 мм соответственно [7].

Большое значение имеет распределение осадков по времени. Наиболее сильные дожди (30 мм), способствуют размыву грунтов на склонах, бывают в июле (в среднем 0,3 дня). Затяжные морозящие дожди и туманы, обеспечивающие наиболее полную инфильтрацию влаги в грунт, приходится на период с августа по ноябрь. Повторяемость дождевой погоды увеличивается к лету, достигает максимума в сентябре [4].

Осадки холодного периода образуют снежный покров, который появляется в середине октября. Устойчивый снежный покров, как правило, начинает формироваться в конце октября, начале ноября. Разрушение снежного покрова происходит, в среднем, в середине апреля, а полный его сход, как правило, происходит к концу апреля.

По данным снегосъемки на последний день декабря запас воды в снежном покрове по данным наибольшего запаса за зиму в среднем составляет 72 мм. Максимальный запас воды в снежном покрове составляет 132 мм, а минимальный 74 мм.

В среднем высота снежного покрова составляет 40-50 см. Средняя высота снежного покрова из наибольших высот за зиму на ст. Томск составляет 56 см. При этом, максимальная высота имеет значение 79 см, а минимальная 30 см [7].

Высота снежного покрова помимо прочего зависит также от условий его переноса ветром.

Преобладающим направлением ветра для г. Томска как в зимний, так и в летний период является южное направление, повторяемость которого составляет 48% и 19% соответственно (табл. 6). В годовом ходе также преобладают ветры южного направления (рис. 7). Летом штили более часты, чем зимой [7].

Таблица 6 – Повторяемость направлений ветра и штилей, % [7]

месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
I	4	8	10	7	48	18	3	2	7
VII	14	17	18	12	19	7	5	8	17
год	9	10	11	11	33	15	7	4	11

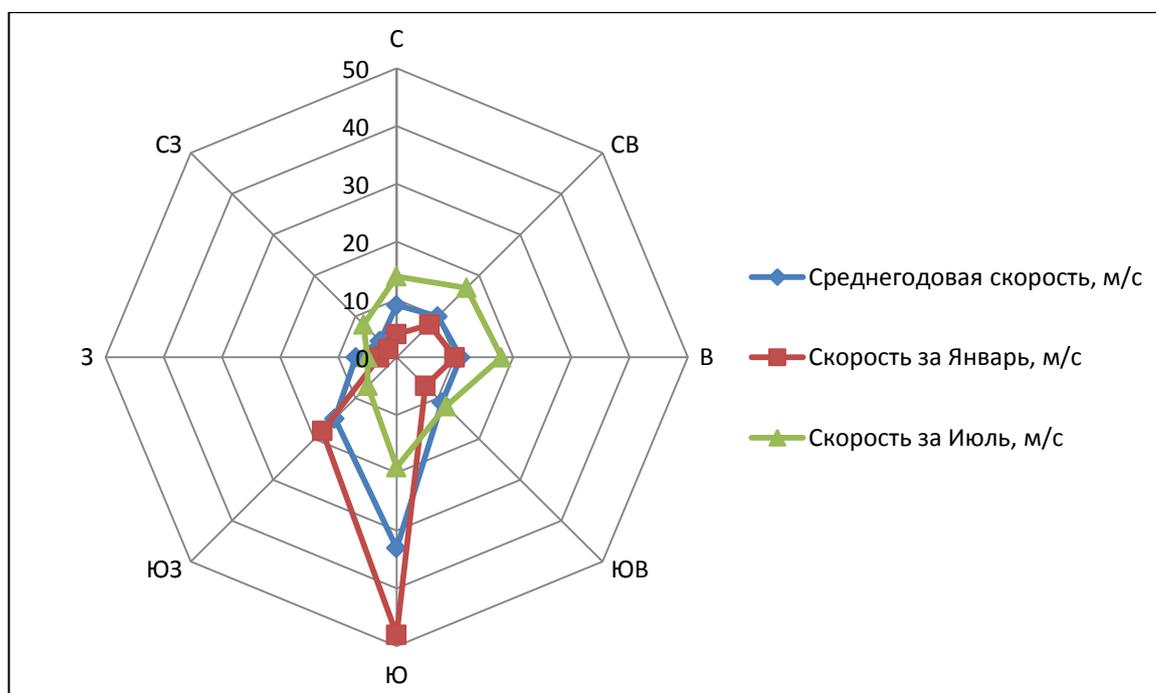


Рисунок 7 – Роза ветров для января, для июля и среднегодовая

В зависимости от сезона меняется не только повторяемость направления ветра, но и его скорость. Среднегодовая скорость ветра составляет 3,6 м/с

(табл. 7). Максимальная скорость ветра в годовом ходе наблюдается с ноября по январь, и составляет 4,2 м/с. Минимальная скорость ветра наблюдается с июля по август, и имеет значения 2,5 м/с (рис. 8). Скорости ветра в течение года меняются достаточно значительно. За год наблюдается 83 дня с ветром ≥ 8 м/с, 23 дня с сильным ветром, (≥ 15 м/с), а с порывами ветра ≥ 20 м/с – 0,5 дня в среднем [7].

Таблица 7 - Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с, на высоте флюгера 10 м [7]

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
Скорость ветра	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

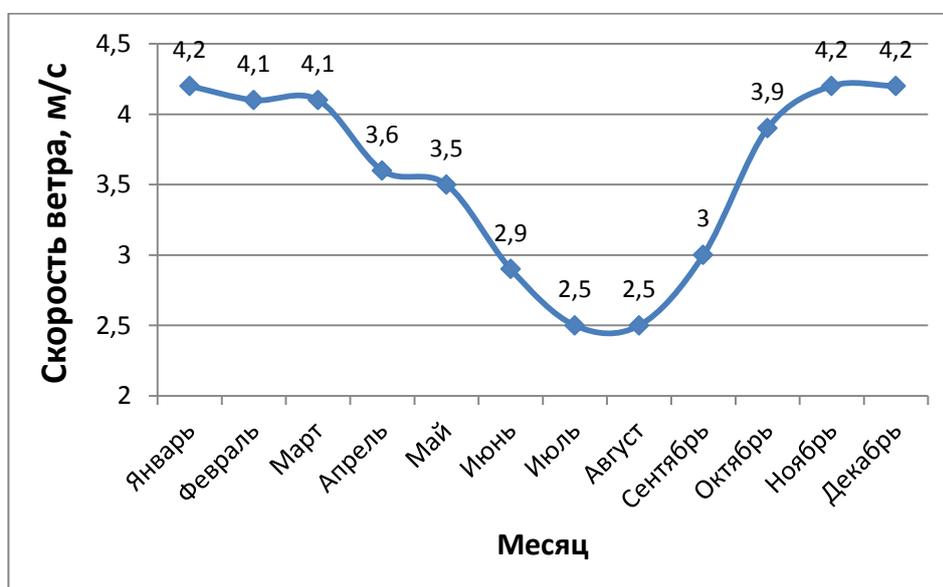


Рисунок 8 – Годовой ход скорости ветра

В результате сочетания сильного ветра с отрицательной температурой воздуха в районе г. Томска периодически наблюдается большой охлаждающий эффект, чем на некоторых защищенных станциях севера области [8].

1.5. Гидрологическая характеристика

Главной водной артерией города Томска является р. Томь (рис. 9). Томь является правым притоком реки Оби, и берет свое начало на юго-западном склоне Кузнецкого Алатау [6]. Длина реки Томи составляет 827 км, 20 км из которых протекают в пределах г. Томска. Площадь водосбора реки у г. Томска составляет 57800 км² [9]. Среднегодовой расход р. Томи составляет 1030 м³/с,

минимальный расход - $643 \text{ м}^3 / \text{с}$, а максимальный – $1520 \text{ м}^3 / \text{с}$. Основным источником питания реки являются зимние осадки, формирующие примерно 70% годового стока, на долю подземных вод приходится 23%, а дождевого – 7% [6].



Рисунок 9 – Река Томь в районе г. Томска

По химическому составу воды р. Томи являются пресными мало- и среднеминерализованными, гидрокарбонатными кальциевыми, преимущественно нейтральными или слабощелочными [9].

К наиболее крупным притокам реки Томи в пределах г. Томска относятся реки Ушайка, Басандайка и Большая Киргизка. Поскольку ширина и продольный профиль этих рек зависят от геологического строения дренируемых пород, то протекая по палеозойским породам, они имеют неширокие долины, относительно крутые склоны и быстрое течение, а протекая по участкам с рыхлыми породами, реки имеют медленное течение и ширину долины от 500 м до 600 м. Расходы в межень у данных рек колеблются в пределах $1,5-1,8 \text{ м}^3 / \text{с}$. Ширина их русла составляет 10-30 м, а глубина не более 2 м [6].

Территория г. Томска находится в области сочленения двух крупных гидрогеологических структур: Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой зоны [10]. Важной особенностью данной территории является то, что в пределах ее все водоносные комплексы

находятся в обстановке интенсивного водообмена и содержат инфильтрационные воды, имеющие сходный гидрогеохимический облик [11].

Согласно схеме структурно-гидрогеологического районирования Западно-Сибирского артезианского бассейна [10] в пределах изучаемой территории выделяются следующие типы гидрогеологических комплексов: водонапорные системы трещинных вод палеозойского фундамента, водоносные комплексы палеогеновых и четвертичных отложений.

Палеозойский водоносный комплекс приурочен к отложениям лагернотомской и басандайской свит. Данные отложения распространены в зоне региональной трещиноватости мощностью от 20 - 80 м, и характеризуются низкими фильтрационными свойствами [12]. Водовмещающими породами данного комплекса являются глинистые сланцы и песчаники. Значения коэффициентов водопроницаемости здесь изменяются в пределах от 3 до 100 м²/сут в зависимости от свойств трещиноватости [13].

В кровле палеозойских пород преимущественно развита глинистая кора выветривания, служащая региональным водоупором.

Водоносный комплекс палеогеновых отложений приурочен к отложениям кусковской, юрковской и новомихайловской свит, сложенных глинами, алевритами, песками с прослоями лигнитов и бурых углей. Мощность водовмещающих пород варьируется от 10 до 60 м, а глубина их залегания на водораздельных участках составляет от 25 до 52 м. Воды данного комплекса напорные, величина напора изменяется от 13 до 90 м. Величины коэффициентов водопроницаемости в зависимости от мощности водоносных отложений изменяются от 100 до 200 м²/сут.

Воды свит данного водоносного комплекса находятся в тесной гидравлической связи и образуют единый гидродинамический комплекс, изолированный от водоносного верхне-четвертичного комплекса лигнитами, глинами и алевритами новомихайловской и лагернотомской свит. Мощность перекрывающих водоупорных отложений изменяется от 1–3 м до 65–70 м.

Водоносный комплекс четвертичных отложений представлен песками, гравийно-галечниковыми отложениями, супесями, мощностью от 13 до 46 м. Воды безнапорные или слабонапорные в случае, когда в кровле лежат водоупорные отложения. Мощность перекрывающих глинистых отложений изменяется от 10 до 60 м. В подошве водоносного комплекса залегают чаще всего глины олигоценых отложений новомихайловской, реже – лагернотомской свит [12].

Поскольку оценка агрессивности как вод, так и грунтов происходит в пределах только четвертичных отложений, рассмотрим химический состав первого от поверхности, неоген-четвертичного комплекса (табл. 8), составленной на основе химического анализа 63 проб воды [14].

Таблица 8 – Химический состав подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса [14]

Элементы	Ед. изм.	Минимум	Максимум	Среднее
pH	-	6,1	8,5	7,3
NH ₄ ⁺	мг/л	0,00	3,42	1,19
NO ₂ ⁻		0,00	0,15	0,02
NO ₃ ⁻		0,00	7,02	1,19
HCO ₃ ⁻		85,4	475,96	290,52
SO ₄ ²⁻		0	41,6	6,62
Cl ⁻		0,00	159,2	17,16
Ca ²⁺		4,0	160,3	71,08
Mg ²⁺		1,2	51,1	16,22
Na ⁺		0,5	112,5	8,73
K ⁺		0,00	3,5	1,16
Общая жесткость		мг-экв/л	0,4	7,0
Сухой остаток	мг/л	96,0	478,0	263,1
Минерализация		115,24	611,73	319,37

В среднем по химическому составу подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса (табл. 7) являются гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми, по классификации подземных вод по величине общей минерализации (по С.Л. Шварцеву) [15] – умеренно пресными, по степени общей жесткости (по О.А. Алексину) – умеренно жесткие, по величине pH (по С.Л. Шварцеву) [15] – нейтральные.

1.6. Почвы

Природные условия территории Томской области достаточно неоднородны [16]. Разнообразие форм рельефа, и характеристик климатических условий, а также и сложность геологического и гидрогеологического строения территории обуславливают многообразие структуры почвенного покрова области. По основным химическим и морфологическим свойствам в пределах Томской области выделяются гидроморфные, полугидроморфные и автоморфные почвы [17].

Гидроморфные почвы расположены в основном в пределах болот и пойм рек, и занимают более 35% площади области. Данный ряд почв формируется в условиях длительного застоя поверхностных вод, или при залегании грунтовых вод на глубине не менее трех метров [18].

В Томской области гидроморфные почвы представлены торфяно-болотными, аллювиально-дерновыми, аллювиально-луговыми, аллювиальными лугово-болотными и аллювиальными болотными иловато-торфяными почвами [16].

Полугидроморфные почвы возникают при залегании грунтовых вод на глубине от трех до шести метров, или при непродолжительном застое поверхностных вод [18], и формируются преимущественно под заболоченными лесами, а также в слабодренированных пологих частях междуречий.

В пределах области данный ряд почв занимает площадь до 23 %, где наиболее распространенным типом почв являются болотно-подзолистые, представляющие переходные почвы от подзолистых к болотным, характеризующиеся избыточным увлажнением и заболачиванием почв [6].

Помимо болотно-подзолистых, к полугидроморфным почвам также относятся луговые, лугово-черноземные и серые лесные глеевые почвы [16].

Автоморфные почвы формируются в условиях свободного стока поверхностных вод на ровных склонах и поверхностях, а также повышенных элементах рельефа, при залегании грунтовых вод глубже шести метров [18], и занимают примерно 46 % территории Томской области. В пределах нее

располагаются следующие типы автоморфных почв: дерново-подзолистые, подзолистые, черноземы оподзоленные и выщелоченные, а также и серые лесные почвы [16].

Зональные типы почв в пределах района исследования в большей степени относятся к автоморфным почвам, подразделяющимся на серые лесные почвы, и частично дерново-подзолистые, исключение составляют лугово-черноземные почвы, относящиеся к полугидроморфному ряду [19].

Лугово-черноземные почвы формируются под лиственными лесами при дополнительном увлажнении за счет подпитывания грунтовыми водами или за счет временного скопления вод поверхностного стока с более высоких элементов рельефа. Для этих почв характерно чередование периодов с промачиванием профиля на значительную глубину и периодов с подтягиванием влаги ближе к поверхности при постоянном подпитывании нижних горизонтов грунтовыми водами. Глубина грунтовых вод или сезонной верховодки на данных типах почв, составляющая 3-7 м, может опускаться глубже в сухие периоды, поэтому в профиле почв могут исчезнуть признаки, отличающие их от автоморфных черноземов [20].

В лугово-черноземных почвах признаки гидроморфизма выражены в виде охристых и сизых пятен, в повышенной "потечности" гумуса. Глубина проявления признаков гидроморфизма и их интенсивность зависят от продолжительности и глубины стояния в профиле почв грунтовых вод [16].

По морфологии лугово-черноземные почвы достаточно близки к черноземам, отличаются от них более темной окраской гумусового горизонта, его растянутостью, повышенной гумусностью (запасы гумуса в полуметровом слое достигают 450 т/га), наличием оглеения в нижних горизонтах и нейтральной реакцией среды в верхней части профиля, а в нижней – слабощелочной.

Дерново-подзолистые почвы являются подтипом подзолистых почв, и формируются под хвойно-мелколиственными, сосново-лиственными,

травянистыми, мохово-травянистыми, и вторичными березово-осиновыми лесами на покровных лессовидных суглинках [20].

Профиль дерново-подзолистых почв, мощность которого составляет 120-130 см, резко дифференцирован по морфологическому строению, химическим, физико-химическим и физическим свойствам на элювиальную и иллювиальную части.

В верхней части элювиальной толщи профиля хорошо выражены дерновый и гумусово-элювиальный горизонты общей мощностью 8-12 см и содержанием гумуса 2- 4%, здесь почвы обогащены кремнеземом, и имеют кислую или слабокислую реакцию среды. Часто в средней или нижней части элювиального горизонта дерново-подзолистых почв присутствует второй гумусовый горизонт различной мощности и выраженности.

Элювиальная часть профиля дерново-подзолистых почв характеризуется рыхлым сложением, относительно хорошей агрегированностью, хорошей водопроницаемостью, сравнительно более быстрым, чем в подзолистых почвах, протаиванием и прогреванием, оптимальным увлажнением. В нижних горизонтах дерново-подзолистых почв наблюдаются признаки переувлажнения в виде мелких охристых и сизых пятен оглеения, что обуславливается надиллювиальным застоем вод и медленным просачиванием влаги через иллювиальную толщу [16].

Серые лесные почвы формируются на хорошо дренированных участках под пологом густых смешанных и березово-осиновых лесов при одновременном течении подзолистого и дернового процессов [6]. Это обусловлено усилением аккумуляции биологически важных элементов в верхних горизонтах почвы травянистой растительностью. В результате большое количество оснований, особенно кальция, резко снижает кислотность лесного опада, что обуславливает участие в его разложении не только грибной, но и бактериальной микрофлоры, которая способствует образованию большого количества гуминовых кислот. Ввиду слабо выраженного нисходящего тока влаги они неглубоко просачиваются в почву и закрепляются, взаимодействуя с

кальцием и магнием. Постепенно накапливаясь, эти кислоты прокрашивают почву в темный цвет и способствуют ее оструктурированию, что говорит о преобладании дернового процесса над подзолистым [21].

В серых лесных почвах нет чистого элювиального (подзолистого) горизонта, в нем всегда присутствует гумус. Поэтому в серых лесных почвах выделяют гумусово-элювиальный и эллювиально-иллювиальный горизонты [22].

Гумусово-элювиальная часть профиля серых почв отличается рыхлым сложением, комковатой структурой, карманистостью границы перехода [23].

Эллювиально-иллювиальный горизонт несет признаки «оподзоленности» в виде седоватых тонов в окраске, что подтверждается валовым анализом, устанавливающим обеднение верхней части профиля алюминием, железом, кальцием и относительное обогащение кремнием [24].

Серые лесные почвы характеризуются кремнеземистой присыпкой, комковато-ореховатой структурой и наличием карбонатов в нижней части профиля [21]. Мощность гумусового горизонта, как и интенсивность окраски, а также агрегированность, зависит от типа растительности, дренированности и активности гумусово-аккумулятивных процессов, и составляет от 10–15 до 45 см. Содержание гумуса с глубиной довольно быстро убывает, в среднем по профилю почвы содержание гумуса находится в диапазоне от 2,5–4,0 до 7 %. Серые лесные почвы имеют слабокислую реакцию среды pH 5,5–6,5 [6].

Морфологическое строение профиля почв представлено на рисунке 10, где [20]:

A_0 – лесная подстилка мощностью 1–2 см, состоящая из слаборазложившегося растительного опада;

A_1 – гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью 15–30 см, иногда до 40 см, серый в сухом состоянии, темно-серый во влажном, комковато-пылеватой, комковато-порошистой или комковато-ореховатой структуры, рыхлый, густо пронизанный корнями, имеющий постепенный переход в следующий горизонт;

A₂B – переходный, оподзоленный горизонт, мощностью около 20 см, буровато-серый, коричнево-серый или темно-серый, с неравномерной окраской, ореховатой структурой, поверхности структурных отдельностей глянцевиты, содержат обильную белесую присыпку, его переход заметен по окраске и структуре;

B – иллювиальный горизонт, мощность различна, нижняя его граница может проходить на глубине 90–120 см, бурый или коричнево-бурый, ореховатой, ореховато-призматической структуры, плотный, вязкий, на всю мощность горизонта проникают белесые пятна кремнеземистой присыпки, имеет переход в следующий горизонт языками;

C – почвообразующая порода светло-бурых тонов, неясно призматической структуры, слабо трещиноватая, содержит карбонатные конкреции.

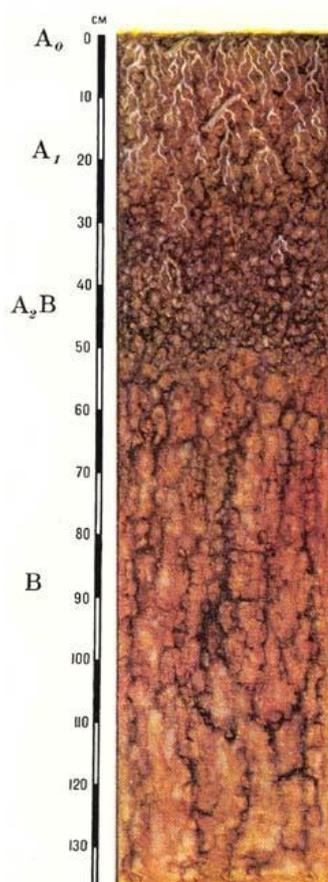


Рисунок 10 – Морфологическое строение профиля серых лесных почв [20]

Емкость поглощения серых лесных почв за счет тяжелого гранулометрического состава хорошо развит, и может составлять 20-35 мг*экв

на 100 г почвы, а степень насыщенности основаниями достигает 75-90% [21]. В зависимости от содержания перегноя и мощности гумусового горизонта встречаются три подтипа серых лесных почв: темно-серые, серые и светло-серые лесные [24].

Согласно литературным данным [17; 25], в пределах участка исследования располагаются светло-серые лесные, или, серые лесные оподзоленные почвы.

Светло-серые лесные почвы отличаются от серых лесных почв более светлой окраской гумусово-аккумулятивного горизонта, меньшей мощностью окрашенного перегноем слоя, и возрастанием количества кремнеземистой присыпки [24].

В профиле серых лесных оподзоленных почв до 2-4 см выделяется горизонт A_0 , далее он сменяется горизонтом A_1A_2 светлосерого или белесовато-бурого цвета, комковато-ореховатой структуры, и мощностью 8-15 см [25]. Его сменяет элювиальный, значительно осветленный горизонт A_2 , с плитчатой структурой и мощностью от 16 до 24 м. Переходным является горизонт A_2B_1 , характеризующий неравномерной серо-бурой окраской, комковато-ореховой структурой и большим количеством кремнеземистой присыпки. Иллювиальный горизонт имеет мощность от 50 до 110 см, и подразделяется на подгоризонты B_1 и B_2 . Подгоризонт B_1 отличается бурым цветом и ореховатой структурой с хорошо выраженными гранями. По граням структурных отдельностей выделяются блестящие коричневато-бурые поливы полупереходных окислов, гумусовых веществ и кремнеземистая присыпка. Подгоризонт B_2 обычно более уплотнен, чем горизонт B_1 , имеет комковатую-призматическую структуру с коричневато-бурым поливом по граням структурных отдельностей и пятна кремнеземистой присыпки. Подгоризонт B_2 переходит в материнскую породу, горизонт C [17].

Гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью 10-15 см морфологически хорошо выражен и характеризуется серой окраской, плитчатой

структурой и обилием кремнеземной присыпки. Данный горизонт очень слабо гумусирован, и гумус имеет преимущественно гуматно-фульватный состав.

Содержание гумуса в серых лесных оподзоленных почвах в верхнем горизонте составляет от 4,2 до 7,5%. При переходе от верхнего горизонта к нижнему наблюдается резкое уменьшение гумуса, что связано с энергичным разложением органических веществ и их передвижению по профилю, обусловленному хорошо развитым процессом оподзоливания. Этот фактор также обуславливает уменьшение гигроскопической и химически-связанной воды в элювиальных горизонтах и увеличение ее в иллювиальных.

Иллювиальный горизонт таких почв характеризуется большой плотностью и влагоемкостью, низкой водопроницаемостью, имеет призматическую структуру и четкую коллоидную лакировку по граням структурных отдельностей [16].

По механическому составу серые лесные оподзоленные почвы относятся к легким иловато-пылеватым, крупно-иловато-пылеватым и песчано-пылеватым глинам и тяжелым суглинкам. О тяжелом механическом составе этих почв говорит и высокое содержание в них гигроскопической влаги, величины которой колеблются от 3 до 4-4,5%.

Химические свойства серых лесных оподзоленных почв отражают условия их формирования. Признаки оподзоливания светло-серых лесных почв подтверждаются данными химического анализа, согласно которому, в элювиальном горизонте светло-серых лесных почв наблюдается накопление окисла кремния, и уменьшение его в иллювиальном горизонте, а также происходит уменьшение окислов железа и алюминия в горизонте A_1A_2 , и увеличение их в иллювиальном горизонте [17].

Химический состав различных серых лесных и серых лесных оподзоленных приводится в работах Славиной Т.П. [26], Язиков Е.Г. [27], Горюшкина Е.С. [28], Мамонтова В.Г. [29], а также в технических отчетах изыскательской организацией АО «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32]. По их данным в таблице 9 приведены результаты сопоставления содержания компонентов как

в общем серых лесных почвах, так и в серых лесных оподзоленных почвах в пределах Томь-Яйского междуречья.

Таблица 9 – Сравнительная характеристика содержания компонентов в серых лесных и серых лесных оподзоленных почвах

Компонент	Содержание, мг/кг				
	Серые лесные почвы			Светло-серые лесные почвы в пределах Томь-Яйского междуречья	
	по данным Язикова Е.Г. [27]***	по данным Горюшкиной Е.С. [28]	по данным Мамонтов В.Г. [29]	по данным Славиной Т.П. [26]	по данным АО «ТомскТИСИЗ»*
pH, ед. pH	н.д.	6,4	н.д.	6,5	6,5
Органическое вещество**, мгО/кг	н.д.	н.д.	20	н.д.	19,6
NO ₃ ⁻	н.д.	н.д.	10	2,4	н.д.
HCO ₃ ⁻	н.д.	н.д.	60	н.д.	176,8
SO ₄ ²⁻	н.д.	н.д.	16	н.д.	20,8
Cl ⁻	н.д.	31,5	10	н.д.	7,1
Ca ²⁺	1,57	108	25	57	17,6
Mg ²⁺	0,9	22,8	15	18,5	20,25
Na ⁺	1,92	16,1	17	н.д.	24,8
K ⁺	1,31	15,3	11	26	н.д.
NH ₄ ⁺	н.д.	н.д.	н.д.	11,4	1,6
Fe ^{общ}	2,93	н.д.	н.д.	н.д.	8,9

Примечание: н.д. – нет данных;

*по данным изысканий, проведенных в 2013-2014 гг, среднее значение двадцати проб;

**по величине перманганатной окисляемости;

***содержание компонентов выражено в %.

Описываемые почвы имеют слабокислую реакцию почвенного раствора, не очень высокую насыщенность почв основаниями, в пределах гумусово-аккумулятивного горизонта сумма поглощенных оснований колеблется от 15 до 20 мг*экв на 100 г абсолютно сухой почвы [24].

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2. Агрессивность грунтов и коррозионные процессы

2.1. История изучения процесса подземной коррозии

Наука о подземной коррозии и защите от нее железобетонных, стальных и других металлических сооружений базируется на основных научных положениях теории химической коррозии и кинетики общих электрохимических процессов коррозионного окисления металлов. Изучение способов защиты от коррозии развивалось одновременно с началом практического применения металлов в истории человечества, со времен наступления железного века [33]. Первым упоминанием об этом можно считать высказывания древнегреческого историка Геродота (V век до н.э.), и древнеримского естествоиспытателя Кая Плиния Секунд Старшего (I век н. э.), где они упоминали об использовании олова для предупреждения ржавления железного оружия и защитных воинских доспехов.

Исчисление современного периода коррозионной науки можно начинать с 1748 г., когда в России М.В. Ломоносовым был открыт закон сохранения массы, по которому протекают все коррозионные процессы. Суть данного закона заключался в сохранении массы металла при отжиге при условии отсутствия контакта с воздухом [34]. Спустя 17 лет, в 1773 году французский химик А. Лавуазье дополнил первую научную теорию окисления металлов, установив, что металлы при окислении соединяются с наиболее химически активной частью воздуха – кислородом [35].

В дальнейшем свои усилия в изучении коррозионных процессов и способов воздействия на их динамику приложили ученые многих стран. Наиболее широкое практическое применение получили работы Г. Деви и М. Фарадея, установивших основные законы электролиза [33], швейцарского физико-химика О. Де ла Рива, открывшего в 1830 г. теорию коррозии микрогальванических элементов и являющимся основоположником учения об электрохимической коррозии, английского физика М. Фарадея, установившего важное для дальнейшего развития электрохимической теории коррозии

соотношение между весовым количеством анодно-растворяющегося металла и количеством протекающего электричества [35].

В начале XIX века появились первые работы, посвященные исследованию коррозионной стойкости бетона в связи с его активным использованием в строительстве морских набережных, пирсов и маяков, т.е. сооружений, активно подвергающимся воздействию агрессивной внешней среды. В дальнейшем, данные работы легли в основу изучения аналогичных коррозионных процессов в подземных сооружениях.

К одним из первых, кто высказал идею о необходимости изучения коррозии бетонных конструкций подземных сооружений относится русский ученый Н.К. Лахтин, обративший внимание на то, что напряженное состояние конструкций влияет на скорость коррозионных процессов, и сформулировавший необходимость и основные принципы проведения исследований коррозионных процессов в строительстве, а также ученый А.А. Байков, поспособствовавший быстрому развитию науки о вяжущих веществах в СССР и их поведении в различных условиях воздействия внешней среды [36].

Наибольший размах исследования по изучению разрушения бетонных конструкций на основе портландцемента, являющимся наиболее стойким из вяжущих веществ, получили в XX веке благодаря работам таких ученых, как Р. Грюн, Э. Рабальд, А. Клейнлогель, и др.

Большое значение в изучении коррозионной стойкости бетона в течение длительных сроков имеет работа американского исследователя Миллера, под руководством которого, начиная с 1925 г., проводились испытания длительностью в 25 и 50 лет в грунтах, содержащих значительное количество сульфатов.

В период до Великой Отечественной войны были заложены основные методики изучения коррозии бетона, проведены исследования сравнительной стойкости бетонов на различных цементах к основным агрессивным воздействиям природных сред. К ученым, принимавшим участие в изучении

процессов коррозии бетона до 1941 г. относятся П.П. Будников, Ф.М. Иванов, В.В. Кинд, К.Г. Красильников, В.М. Московин, К.Д. Некрасов и другие [36].

Также, как и учение о коррозии бетона, самостоятельной научной дисциплиной коррозия металлов становится в начале XX века. В это время, с 1910 по 1955 гг., Национальное бюро стандартов под руководством К.Х. Логэна начало производить широкомасштабные изучения коррозии металлов в различных грунтах США [37]. В ходе данных исследований было организовано 47 опытных участков (рис. 11), в пределах которых в землю закапывались образцы различных металлов, которые извлекались через 8–12 лет. Образцы взвешивались перед испытанием и после испытаний для определения скорости коррозии, и замерялись для определения глубины коррозионных язв на поверхности металлов. В результате опытов выяснилось, что скорость коррозии отличается не только у различных металлов, но и при различной коррозионной активности грунтов [38].

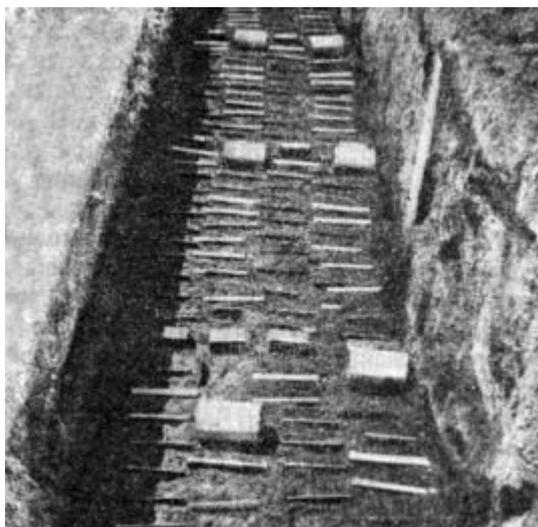


Рисунок 11 – Траншея опытного участка Национального бюро стандартов, США, 1910 г [38].

После исследований, проведенных в США, во всем мире начался активный поиск критериев оценки агрессивности грунтов, в результате которого были установлены отдельные факторы, предопределяющие повышенную коррозионную активность грунтов, например, высокие концентрации NaCl на побережье Южной Калифорнии в обводненных грунтах

или подзолистые почвы в зоне тайги [38]. Затем в ходе работ было выявлено, что на скорость коррозии металлов в грунтах различной степени влияют: гранулометрический состав, воздухопроницаемость и электропроводность грунтов, влажность, величина окислительно-восстановительного потенциала (Eh), показатель концентрации водородных ионов (pH), содержание газов и органического вещества в грунтах, температура и химический состав грунтов. Вместе с этим, в ходе исследований было установлено, что один и тот же фактор при различных сочетаниях с другими может в одних случаях ускорять, в других – замедлять скорость коррозии металлов, и что оценка агрессивности среды только по какому-либо одному фактору невозможна [39].

Развитию науки о коррозии металлов поспособствовали работы таких зарубежных ученых, как Ю.Р. Эванса и его учеников, заложивших фундамент коррозионной науки как самостоятельной дисциплины [34], Ф. Тодта, описавшего кинетику процессов общей электролитической и почвенной коррозии стали, Г.Г. Улига, М. Романова и К. Логана (все – США), которые впервые в широком масштабе на практике научно подтвердили достоверность теоретических предпосылок, созданных ранее их коллегами в области изучения подземной коррозии и защиты от нее. Позднее их эстафету подхватили Б. Паркер и А.В. Пибоди в США, фон Бекман и В. Швенк в Германии, М. Пурбэ в Бельгии, Д. Спектор в Израиле, и ряд других коррозионистов [33].

Отечественная коррозионная наука, получила наибольшее развитие в послевоенный период, особенно, начиная со второй половины XX столетия. Большой вклад в общую теорию химических процессов при коррозионном окислении металлов внесли А.Н. Фрумкин, Н.А. Изгарышев и В.А. Кистяковский. Первую монографию по теории почвенной коррозии написал Г.В. Акимов. Несколько позднее ее дополнила и развила аналогичная монография Н.Д. Томашова. Разнообразные аспекты коррозионных процессов в подземных условиях нашли отражения в работах И.Н. Фринцевича. В жилищно-коммунальном хозяйстве первопроходцами коррозионной науки и практики были И.В. Стрижевский, Л.Я. Цикерман, В.М. Левин, М.В.

Тарнижевский, М.А.Сурис, к которым позднее присоединился из академической науки Б.Л. Рейзин [33].

Исследования процессов коррозии бетона в послевоенные годы были направлены на изучение стойкости бетона и коррозионных процессов, возникающих на арматуре при воздействии водных растворов различного химического состава. С 1954 г. головной организацией по изучению коррозии бетона, железобетона и их защиты стала Центральная лаборатория коррозии НИИЖБа Госстроя СССР. В данной лаборатории производился комплекс исследований коррозионных процессов в бетоне и железобетоне, а также устанавливались нормы агрессивности различных внешних воздействий на бетон и железобетон, методы повышения их стойкости и способы защиты строительных конструкций от коррозии.

К ученым, внесшим основной вклад в развитие науки коррозии бетона и железобетона относятся: А.Ф. Полак с сотрудниками НИИпромстроя, исследовавший кинетику коррозионных процессов; О.П. Мчедлов-Петросян и В.И. Бабушкин, изучавшие термодинамику коррозионных процессов, и разрабатывающие способы повышения долговечности бетона; В.Б. Ратинов, являющийся основателем направления исследования ингибиторов для защиты арматуры железобетона от коррозии; А.И. Минас, С.В. Шестоперов, исследовавшие солевую коррозию; Г.И. Горчаков, О.В. Кунцевич, заложившие основы создания долговечных бетонных и железобетонных конструкций в суровых климатических условиях [36].

Первые исследования по оценке коррозионной активности грунтов по отношению к металлическим конструкциям в СССР были проведены в южных регионах в связи со строительством и эксплуатацией нефте- и газопроводов в Прикаспийской низменности и на юге Украины [39]. В ходе изучения коррозии нефтепровода Баку–Батуми В.А. Притула [40] проанализировал данные анализов водных вытяжек из грунтов и сопоставил их с состоянием поверхности трубопровода. В результате, он пришел к выводу, что содержание хлорид-ионов и сульфат-ионов в водной вытяжке из грунтов в количестве более

0,1 % является критерием высокой коррозионной активности грунтов. Кроме того, на основе статистической обработки числа случаев проржавлений труб, эксплуатировавшихся с 1930 по 1940 г., В.А. Притула установил, что большинство этих случаев произошло в грунтах с омическим сопротивлением менее 10 Ом·м и предложил первую классификацию коррозионной активности грунтов по удельному электрическому сопротивлению [40]. Работы других авторов по оценке коррозионной активности грунтов, проведенные на юге СССР подтвердили, что на данной территории в своем составе грунты имеют повышенное содержание хлорид-ионов и сульфат-ионов и очень низкое удельное электрическое сопротивление, что негативно сказывается на металлических конструкциях [41].

Совместными усилиями отечественных специалистов сформировались несколько школ коррозионистов, основные из которых: Московская – на базе ученых Института физической химии АН СССР, ВНИИСТа, физико-химического Института им. Карпова (усилиями Г.М. Флорианович, В.А. Макарова, В.М. Новаковского), АКХ им. Памфилова, ЦНИИ Связи, ВНИИЖТ; Бакинская – во главе с В.Ф. Негреевым и Киевская, которую возглавляли И.Н. Францевич, Л. И. Антропов, Л.И. Ягупольская и ряд других специалистов [33].

Критерии оценки коррозионной агрессивности грунтов, изученные в СССР в 50-е гг. XX были заложены в различные справочники и утверждены стандартами и руководствами, многие из которых дошли до наших дней почти без изменений.

В настоящее время оценка коррозионной активности грунтов по отношению к бетонным, железобетонным и металлическим конструкциям ведется в соответствии СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» [42] и ГОСТ 9.602-2016 «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии» [43], являющимися актуализированными редакциями нормативных документов, разработанных в середине XX века.

2.2. Основные факторы возникновения агрессивности грунтов

При проектировании и строительстве зданий и сооружений различного функционального назначения в инженерно-геологических, гидрогеологических, геокриологических и др. работах особое место занимают исследования по оценке возможности или невозможности отрицательного воздействия среды (грунтов, вод) на различные конструкционные материалы и сооружения. Негативное воздействие грунтов на различные строительные материалы и конструкции связано с их агрессивностью и определяется содержанием в составе грунтов различных химических компонентов.

В «Инструкции по инженерным изысканиям в строительстве» [44] впервые уточнялось понятие агрессивности среды. Здесь под агрессивной внешней средой понималась среда, под воздействием которой происходит изменение структуры и свойств материала, снижение прочности и срока эксплуатации, а также разрушение конструкций (сооружений). Согласно СТ СЭВ 4419-83 [45] агрессивная среда – это среда, воздействие которой вызывает коррозию строительного материала в изделии или конструкции. В соответствии с действующими нормативными документами [46] агрессивная среда – это среда эксплуатации объекта, вызывающая уменьшение сечений и деградацию свойств материалов во времени. Исходя из этих определений следует, что агрессивность – это способность природных сред разрушать бетонные и железобетонные конструкции, а также различные строительные материалы и металлические сооружения, вызывая их коррозию.

Агрессивность среды составляет совокупность **определённых факторов**, включающих в себя влажность, воздухопроницаемость, концентрацию водородных ионов, структуру среды, наличие микроорганизмов, гранулометрический состав, блуждающие постоянные и переменные токи в грунте, а также химический состав грунтов [47].

Следует заметить, что абсолютно сухой грунт не является агрессивным, процесс коррозии начинается лишь при наличии в грунте *влаги*, которая с одной стороны может усиливать агрессивность грунтов по отношению к

материалам и конструкциям, за счет образования растворов солей, кислот и щелочей, с другой стороны может замедлять агрессивное воздействие грунтов за счет уменьшения свободного доступа воздуха к поверхности металлов. Максимальная коррозионность наблюдается у грунтов со степенью влажности 0,5-0,8%. В суглинках и глинах она возникает при значениях предельной влажности в 10-12 %, а в песках при 8-10%. В своей статье [48] Кобаяси Тосахара указывает, что грунты имеют максимальную агрессивность при влажности, равной 20-30%.

Процесс коррозии в грунте развивается обычно при активном участии *кислорода воздуха*. Его приток к корродирующей поверхности подземного сооружения связан со скоростью воздухообмена и весьма различен для различных грунтов и зависит от структуры и механического состава последнего. Воздухообмен затруднен в связанных высокопластичных и пластичных грунтах и особенно в глинах [47].

Следующим параметром, влияющим на степень агрессивности грунтов, является величина *pH*. При оценке степени агрессивности грунтов данной величиной определяется стойкость защитных окисных пленок, возникающих на поверхности металла, и разрушающихся при изменении pH среды. При этом грунт может быть наиболее агрессивен для одних видов металлов, как в кислой, так и в щелочной среде, для других, агрессивен в кислой и неагрессивен в щелочной среде [37].

Помимо непосредственного влияния на развитие коррозионных процессов pH может так же влиять на *деятельность микрофлоры* в грунтах, которая также является источником возникновения коррозионных процессов. При значениях pH грунта от 5 до 9 очень жизнеспособной микробиологической культурой, которая способствует возникновению агрессивности, является сульфатовосстанавливающие бактерии, воздействие которых относится к наиболее распространенной анаэробной коррозии [47]. Под воздействием этих микроорганизмов происходит окисление водорода металла и осаждение железа в сульфидной форме. Сульфид железа образует гальваническую пару с

железом, в которой сульфид железа является катодом, а железо подвергается анодному растворению. Скорость коррозии металла может достигать 6 мм/год. Кроме того, сульфатвосстанавливающие бактерии окисляют органические соединения и одновременно восстанавливают сернистые соединения до сероводорода, что вызывает коррозию металлических и бетонных поверхностей [49].

К анаэробным микроорганизмам, кроме сульфатвосстанавливающих, относятся также серобактерии и железобактерии. Серобактерии развиваются в грунтах при наличии в них элементарной серы, и значениях pH от 0 до 1, выделяя в результате своей жизнедеятельности серную кислоту, активно влияющую на агрессивность грунтов, особенно относительно стальных конструкций [47]. Железобактерии ассимилируют растворённые соли железа, вызывая образование бугристых отложений, под которыми происходит достаточно слабая аэрация, вызывающая развитие коррозионных процессов [49].

Авторами [50] показано, что *минералогический и гранулометрический состав грунтов* влияет на омическое сопротивление, который в свою очередь влияет на агрессивность грунтов: чем меньше его удельное, тем они более агрессивные (табл. 10). Так, например, в сухом песчано-глинистом грунте удельное сопротивление составляет 240000 Ом-см, а во влажном песчано-глинистом грунте – 900 Ом-см.

Таблица 10 – Зависимость коррозионной агрессивности грунта от удельного сопротивления грунта [50]

Удельное сопротивление, Ом*см	<500	500-1000	1000-2000	2000-10000	>10000
Агрессивность грунта	Особо высокая	Высокая	Повышенная	Средняя	Низкая

Агрессивность возникает так же при нахождении сооружения в различных по гранулометрическому составу грунтов. Например, если трубопровод пролегает последовательно в глинистых и песчаных грунтах, т.е. в условиях различного гранулометрического состава и неравномерной аэрации,

то возникают микрогальванические коррозионные зоны: на глинистом участке – анодная, а на песчаном — катодная (рис. 12), при этом анодные и катодные участки могут быть значительно удалены друг от друга. Агрессивность грунтов в этом случае возникает за счет разности доступа кислорода к разным по гранулометрическому составу грунтам, в результате которого в глинистых грунтах происходит уменьшением доступа кислорода, необходимого для осуществления катодной реакции, и, соответственно, уменьшения агрессивного воздействия химических составляющих грунта на сооружения [50].



Рисунок 12 – Схема агрессивного воздействия грунтов на подземный трубопровод в условиях различного гранулометрического состава грунтов [50]

Блуждающие токи являются причиной серьезных коррозионных разрушений сооружений, как в жилой, так и в промышленной зоне, а также в зоне расположения подземных коммуникаций. Они подразделяются на блуждающие постоянные и блуждающие переменные токи.

Блуждающие постоянные токи появляются вследствие утечки в грунт постоянного тока, потребляемого электросварочными агрегатами, подземным и наземным рельсовым транспортом [50]. Источниками блуждающих постоянных токов обычно являются пути электропоездов, заземления линий постоянного тока, установки для электросварки, системы катодной защиты и установки для нанесения гальванических покрытий. Источники блуждающих переменных токов – это обычно заземления линий переменного тока или токи, индуцированные в трубопроводах проложенными рядом электрическими кабелями. Участки, где блуждающие токи входят из земли в металлическую конструкцию, становятся катодами, а там, где ток стекает с металла в грунт –

анодами, в результате чего последние становятся наиболее подвержены агрессивному воздействию. Пример возникновения блуждающего постоянного тока от трамвайной линии, где стальные рельсы используются для возвращения тока к генераторной станции, показан на рисунке 13. Вследствие плохого контакта рельсов на стыках и недостаточной изоляции их от земли часть тока выходит в грунт и находит пути с низким сопротивлением, например, подземные газо- и водопроводы. В результате в анодной зоне труба подвергается усиленному агрессивному воздействию среды [38].

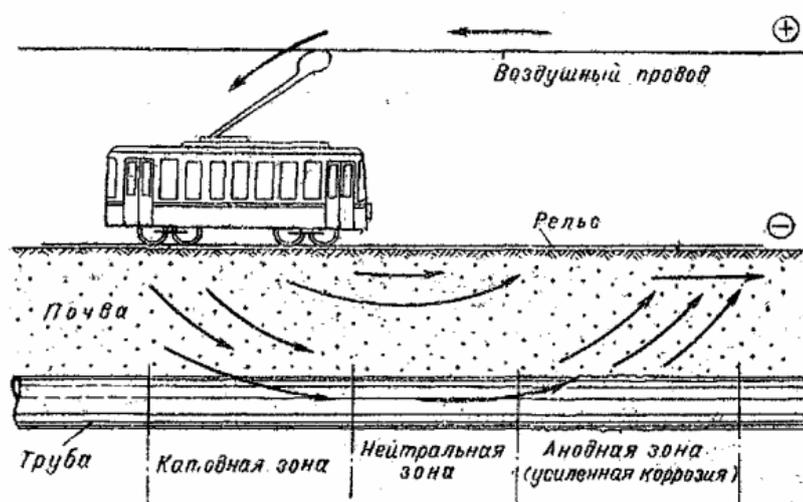


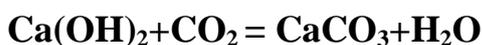
Рисунок 13 – Схема возникновения и механизм блуждающих токов [38]

Степень агрессивного воздействия зависит от частоты изменения *солевого состава грунта и его минерализация*. К основным компонентам состава грунта, активно влияющих на величину агрессивности относятся бикарбонатная щелочность, агрессивная углекислота, карбонаты, хлорид-ион, сульфат-ион, нитрат-ион, кальций, магний, ион-железа, натрий, калий и ион-аммония [51].

Невысокое содержание в грунтах *бикарбонатной щелочности* оказывает негативное воздействие, которое проявляется в виде выщелачивания растворимых компонентов бетона. При содержании в грунте гидрокарбоната в количестве 0,4-1,5 мг-экв он является выщелачивающим, что проявляется в растворении карбоната кальция, одного из основных составляющих бетона, и выносе из него гидроксида кальция. Степень агрессивности раствора грунта

определяется растворимостью карбоната кальция. Вынос гидроксида кальция увеличивается в присутствии хлорида магния, который вступает в обменную реакцию с гидроксидом кальция, образуя хорошо растворимый хлорид кальция.

Агрессивное воздействие *двуоксида углерода* возникает в результате наличия избытка оксида углерода в грунтах по отношению к гидрокарбонатам и проявляется при взаимодействии как с составной частью бетона – гидроксидом кальция, так и со стержнями арматуры. В результате взаимодействия агрессивной углекислоты с бетоном происходит выщелачивание бетона путем перевода в раствор углекислого кальция – основного компонента состава бетонных конструкций [51]. Взаимодействие гидроксида кальция с двуокисью углерода описывается следующей реакцией:



Избыток двуоксида углерода также влияет и на стержни арматуры, путем снижения уровня pH, что приводит к развитию коррозии и разрушению бетонных конструкций. Это возникает, если под действием углекислоты уровень pH в бетоне становится менее 11, и, как следствие, происходит нейтрализация пассивирующей пленки с дальнейшей коррозией арматурных стержней и отслаиванием бетона. Как только начнется разрушение бетона, разрушение арматурных стержней интенсифицируется, поскольку появляются новые пути доступа для кислорода и влаги [50].

Агрессивность грунтов по отношению к таким материалам как бетон и алюминий так же оценивается наличием в них *хлорид-иона*. Как при воздействии на алюминий происходит разрушение защитной оксидной пленки, что способствует усилению коррозионных процессов, так и при воздействии на бетон при достижении хлорид-иона арматурных стержней происходит разрушение пассивирующей пленки оксидов железа, в результате чего арматура подвергается процессам коррозии. Время проникновения хлорид-иона в материал зависит от концентрации хлоридов, наличия влаги, а для бетонных сооружений также от проницаемости бетона [36].

При этом концентрация хлоридов, требуемая для поддержания коррозии арматурных стержней, прямо пропорциональна рН бетона. Чем выше щелочность, тем больше концентрация хлоридов, которая требуется для начала процесса коррозии. С учетом этого можно сделать вывод о том, что воздействие хлоридов является своеобразной «подготовкой почвы» для дальнейшего разрастания карбонатами железобетонных конструкций [36].

Сульфатная агрессивность грунтов оценивается по содержанию ионов SO_4^{2-} . Почвенный раствор грунта, содержащий свыше 250 мг/л сульфатных ионов, приобретает агрессивные свойства. Присутствующие в воде в больших концентрациях сульфатные ионы, проникая в бетон, при кристаллизации образуют сульфоалюминат кальция, являющийся причиной вспучивания и разрушения бетона [51]. Реакция образования сульфоалюминат кальция, вызывающая сульфатную агрессию идет по схеме:



При наличии в грунтах *нитрат-иона* он проявляет свои агрессивные свойства как по отношению к бетону, так и к свинцовой оболочке кабеля. При нахождении нитрат-ионов в грунтах, например, в соединениях азотной кислоты, они могут взаимодействовать со свинцом с образованием нитрата свинца (II) ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). Образующиеся соединения являются легкорастворимыми, что и приводит к разрушению свинца, т.е. появлению коррозии [50]. Реакция взаимодействия свинца и нитрат-иона имеет следующий вид:



Агрессивное воздействие нитрат-иона на бетонные сооружения, так же, как и хлор-иона заключается в основном в его воздействии на арматурный каркас, являющийся основой для железобетонных конструкций. При воздействии нитратов на арматуру происходит ее растрескивание под взаимодействием агрессивной среды и механического напряжения, возникающего в результате давления на каркас. Содержание нитратов, при которых происходит проявление коррозионных процессов в арматуре железобетонных сооружений, варьируется в зависимости от ее состава,

например, растрескивание арматуры из мягкой стали происходит даже при концентрации нитрата кальция менее 0,1% [52].

Кальций и магний в сумме составляют показатель *общей жесткости*, содержание которого является одним из показателей степени коррозионной активности свинцовой оболочки кабеля. При наличии кислорода и влаги в грунтах происходит разрушение свинца с образованием гидроксида свинца (II):



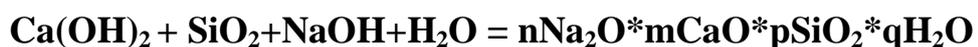
Однако при соприкосновении с жесткой водой свинец покрывается защитной пленкой нерастворимых солей, препятствующей дальнейшему действию воды и образованию гидроксида [53].

Кроме того, *магний* проявляет агрессивность по отношению к бетону. Магнезиальная агрессия ведет к разрушению бетона при воздействии на гидроксид кальция растворов магнезиальных солей. Наиболее характерная реакция для данного вида агрессивного воздействия проходит по следующей схеме:



Двуводный сульфат кальция, как и хлорид кальция хорошо растворимы в воде и вымываются из бетона, вместе с тем двуводный сульфат кальция увеличивается в объеме, что ускоряет появление трещин в бетоне и увеличивает воздействие сульфатной агрессивности грунтов. Гидроксид магния малорастворим в воде, но выпадает в осадок в виде рыхлой массы, которая также вымывается из бетона [54].

Агрессивность ионов натрия и калия, относящихся к *едким щелочам*, проявляется в первую очередь по отношению к бетону. При воздействии на бетон водорастворимые щелочные соединения взаимодействуют с аморфным реакционноспособным кремнеземистым заполнителем — опаловидным кремнеземом с образованием геля щелочного силиката кремния, способного поглощать воду, расширяться, создавая высокое внутреннее напряжение, и тем самым приводить к растрескиванию бетона [55]. Образование геля в процессе щелочной коррозии происходит по реакции:



На степень агрессивности грунтов к тому или иному материалу, кроме прочего, также влияет содержание *ионов-железа* в грунтах. При его высокой концентрации в грунтах во время воздействия на металл происходит развитие питтинговой коррозии за счет образования локальных электрических цепей в токопроводящем электролите. Количество и размер таких корродирующих участков пропорциональны доле площади, занимаемой ионами железа [50].

Агрессивность грунтов может возникать также и под действием органических кислот. Активно она развивается под действием минеральных удобрений, особенно *аммиачных*, к которым относятся сульфат аммония и аммиачная селитра. Аммиачная селитра, состоящая в основном из NH_4NO_3 , действует на гидроксид кальция с образованием нитрата кальция:



Данное соединение хорошо растворяется в воде и вымывается из бетона, что приводит к его коррозии и разрушению [54].

Кроме непосредственно солевого состава, каждый компонент которого с различной степенью агрессивности влияет на коррозию металлов, важную роль играет так же и распространение засоления грунтов, ведь при его неравномерности, например, по трассе линейного металлического сооружения, также происходит увеличение агрессивного воздействия грунта [47].

2.3. Коррозионные процессы и их классификация

В процессе исследования агрессивности грунтов и изучения коррозионных процессов в литературе часто встречается термин «коррозия». Для того чтобы разобраться с его значением можно привести несколько из существующих определений, так, например, согласно с горной энциклопедией [56] коррозия – это разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с внешней (коррозионной) средой. Я.С. Садыков описывает термин «коррозия грунтов», как процесс разрушения, разъедания материалов конструкций – бетона стали

железобетона, дерева и др. – под агрессивным влиянием грунтовой среды. А в технической литературе термины «коррозия металла» и «коррозия бетона» выделяют отдельно, так, коррозия металлов – это разрушение металлов вследствие химического и электрохимического взаимодействия их с внешней средой, коррозия бетона и железобетона – это их разрушение под действие агрессивной внешней среды [47]. Исходя из вышеперечисленных определений, можно сделать вывод о том, что коррозия является последствием воздействия агрессивных грунтов на материалы, из которых состоят сооружения и конструкции.

Все коррозионные процессы классифицируются по: виду коррозионной среды, механизму коррозионного процесса, по воздействию на различные материалы, и типу разрушений.

По виду коррозионной среды выделяют газовую коррозию, атмосферную коррозию и подземную коррозию [51]. Поскольку агрессивность грунтов является причиной развития подземной коррозии, рассмотрим данный вид коррозионной среды поподробнее.

Подземная коррозия — это коррозия в грунтах, вызываемая коррозионными элементами, возникающими на металле и бетонных материалах в местах их соприкосновения с агрессивной средой вследствие неоднородности металла сооружения, различия температур, влажности и воздухопроницаемости грунта, а также в связи особенности состава грунта на различных участках сооружения [51].

Изучение подземной коррозии имеет первостепенную важность. Например, в США при общей протяженности подземных трубопроводов более 16 млн. км., затраты на ремонт и замену оборудования составляют порядка нескольких сотен миллионов долларов.

Стойкость различных подземных бетонных и металлических материалов различна вследствие специфического колебания химического состава грунтов. Например, срок службы чугунных водопроводных труб Новой Англии составляет примерно 50 лет, тогда как такие же трубы в более агрессивном

грунте южного района Калифорнии служат всего лишь в течение 20 лет [38]. Это обуславливает необходимость изучения химического состава грунтов при оценке степени проявления коррозионных процессов.

По механизму коррозионного процесса подземная коррозия, в частности, подразделяется на электрохимическую коррозию и химическую коррозию [51].

Под электрохимической коррозией понимают процесс взаимодействия материала с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала. Данный вид коррозии определяют в основном для углеродистой и низколегированной стали.

Под химической коррозией подразумевают процесс взаимодействия материала с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента среды протекают одновременно в одном акте. Определение химической коррозии производят в основном для свинцовой оболочки кабеля, для алюминиевой оболочки кабеля, а также для бетона [57].

По воздействию на различные материалы подземная коррозия подразделяется на коррозию свинцовой и алюминиевой оболочки кабеля, коррозию углеродистой и низколегированной стали, а также коррозию бетона и железобетонных конструкций [51]. Для каждого характерен определенный набор электрохимических условий или химических элементов в определенной концентрации влияющий на степень развития коррозионных процессов.

Поскольку *свинец* является материалом с повышенной химической стойкостью, которая обуславливается небольшой растворимостью его соединений, он получил широкое применение как материал для оболочек подземных электрических кабелей.

Наиболее устойчивым к развитию коррозионных процессов свинец является в нейтральных, малогумусных грунтах, содержащих сульфаты и

карбонаты, которые защищают свинец от разрушения только при нейтральной реакции грунта [47].

Весьма неустойчив свинец как в грунтах, содержащих соли азотной кислоты, при взаимодействии с которыми он образует хорошо растворимую азотнокислую соль свинца, так и в грунтах имеющих щелочную реакцию. В последних свинцовая оболочка сильно корродирует за счет образования п्लомбатов, которые являются хорошо растворимыми соединениями (табл.11.).

Рассматривая коррозионное влияние на свинец различных типов почв необходимо выделить черноземные почвы, чье коррозионное действие усиливается за счет высокого содержания органических кислот и азотистых соединений и насыщенные разнообразными органическими кислотами болотные и торфяные грунты, где свинец разрушается, образуя легко растворимые соединения [47].

Таблица 11 – Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабеля [43; 58]

Коррозионная агрессивность грунта	Значение pH	Массовая доля компонентов, % от массы воздушно-сухой пробы	
		Органическое вещество (гумус)	Нитрат-ион
Низкая	От 6,5 до 7,5 включ.	До 0,01 включ.	До 0,0001 включ..
Средняя	От 5,0 до 6,5 включ. » 7,5 » 9,0	От 0,01 до 0,02 включ.	От 0,0001 до 0,001 включ.
Высокая	До 5,0 Св. 9,0	Св. 0,02	Св. 0,001

Коррозионность *алюминия* незначительна в сухих песчаных, или каких-либо других хорошо аэрируемых грунтах, что связано с образованием пленки окиси алюминия на поверхности металла, которая предохраняет его от разрушения. Кроме того, наименьшее развитие коррозии алюминия наблюдается в условиях нейтральной среды, где чаще всего встречаются бикарбонаты, сульфаты нитраты, защищающие металл от разрушений так же посредством образования защитной окисной пленки [47].

Амфотерность алюминия, т.е. способность в зависимости от реакции среды проявлять то металлические, то неметаллические свойства является

одним из решающих особенностей при развитии коррозии. Так, кислой среде алюминий реагирует как основание и образует растворимые соли, а в щелочной среде он ведет себя как кислотный остаток, и также образует хорошо растворимые и легко выщелачиваемые алюминаты. Не только в кислой или щелочной средах происходит коррозия алюминия, но и в нейтральной при разрушительном воздействии хлоридов за счет образования легкорастворимых соединений. Менее агрессивно по отношению к алюминию грунты ведут себя при значении рН среды 7,5 - 8, при которых коррозия алюминия развивается из отдельных центров за счет неоднородной окисной пленки (табл. 12).

В целом к наиболее агрессивным типам грунтов по отношению к алюминию относятся илистый гумусный грунт, затем в порядке убывания коррозионной активности идут щелочной грунт, суглинок, и торфяной и болотный грунт со значением рН среды менее 4 [47].

Таблица 12 – Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к алюминиевой оболочке кабеля [43; 58]

Коррозионная агрессивность грунта	Значение рН	Массовая доля компонентов, % от массы воздушно-сухой пробы	
		Хлорид-ион	Ион железа
Низкая	От 6,0 до 7,5 включ.	До 0,001 включ.	До 0,002 включ.
Средняя	От 4,5 до 6,0 включ. » 7,5 » 8,5 »	От 0,001 до 0,005 включ.	От 0,002 до 0,01 включ.
Высокая	До 4,5 Св. 8,5	Св. 0,005	Св. 0,01

Коррозия, как железа, так и его сплава с углеродом, *стали*, в грунте происходит в результате растворения ионов железа, которое сводится к минимуму в щелочном грунте (При рН=7-14), где образуется устойчивая защитная пленка. Она возникает в результате уменьшения скорости протекания окислительно-восстановительной реакции стали с окружающей средой за счет замедления восстановления O_2 из H_2O [47].

Окислительно-восстановительная реакция, которая лежит в основе коррозионных процессов является следствием электрохимической коррозии, механизм которой заключается в возникновении в какой-либо части стальной

конструкции коррозионного элемента ($Fe^{\circ} \Rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$), который обладает более отрицательным потенциалом по сравнению с некорродированными участками, в результате чего между участками возникает разность потенциалов, где первый является анодом, а второй – катодом. При влиянии техногенных электрических полей на данных участках происходит увеличение разности потенциалов, вследствие чего на анодных участках происходит разрушение металла из-за перехода его ионов в электролит, а на катоде, где происходит процесс деполяризации, металл не только не разрушается, но и защищен от коррозии. Поскольку процессы, происходящие на анодных и катодных участках взаимосвязаны, то при увеличении плотности катодного тока происходит усиление развития коррозионных процессов на анодных участках [59].

Для развития коррозии металлов в грунтах также важное значение имеет величина электрического сопротивления во внешней цепи, которое в грунтах характеризуется удельным электрическим сопротивлением, уменьшение значения которого соответствует увеличению прохождения электрического тока через него, а соответственно, и увеличению развития коррозионных процессов на стальной конструкции (табл. 13) [59].

Таблица 13 – Коррозионная агрессивность грунта по отношению к углеродистой и низколегированной стали [43]

Коррозионная агрессивность грунта	Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м	Средняя плотность катодного тока, А/м ²
Низкая	Св. 50	До 0,05 включ.
Средняя	От 20 до 50 включ.	От 0,05 до 0,20 включ.
Высокая	До 20	Св. 0,20

Наименьшее распространение коррозии стали наблюдается при нормальной температуре и полном отсутствии влаги, т.е. в проветриваемых и сыпучих грунтах, но даже в таких грунтах коррозионная активность стали существует. Она сосредотачивается в отдельных точках и на поверхности трубы возникают язвы, пятна, и другие виды местной коррозии [47].

Коррозия *бетона* подразделяется на три основных вида по В.М. Московину [36]. Так, к первому виду он относит все процессы коррозии,

которые возникают в бетоне при воздействии жидких сред, и способны растворять компоненты цементного камня. К данным процессам относятся не только свободное омывание бетона водой, но и воздействие на бетонные сооружения почвенных, или грунтовых растворов. Коррозия бетона данного вида вызывается последовательным выщелачиванием сначала наиболее растворимого минерала цементного камня портландита ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) сульфатами, хлоридами и едкими щелочами (табл. 14,15,16), а затем с понижением в растворе концентрации CaO и других составляющих цементного камня, выщелачивание гидросиликатов и гидроалюминатов. Присутствие же в грунтах таких ионов как Ca^{2+} и OH^- наоборот, снижают растворимость портландита [36].

Ко второму виду коррозии бетона относятся процессы, при которых происходят обменные реакции между компонентами цементного камня и агрессивной среды, образующиеся компоненты которых либо легко растворимы и выносятся из структуры путем фильтрации или диффузии, либо отлагаются в виде аморфной массы, не влияющей на дальнейший разрушительный процесс [36].

Таблица 14 – Степень агрессивного воздействия хлоридов в грунтах на арматуру в железобетонных конструкциях [42]

Показатель агрессивности грунта с содержанием хлоридов, мг/кг, для бетонов марок по водонепроницаемости			Степень агрессивного воздействия грунта на арматуру в бетоне
W4-W6	W8	W10-W14	
Св. 250 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 7500	Слабоагрессивная
Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 7500	Св. 7500 до 10000	Среднеагрессивная
Св. 1000	Св. 7500	Св. 10000	Сильноагрессивная

К коррозии второго рода относится коррозия, развивающаяся под влиянием углекислых сред (табл.15), вызывающая разрушение карбонатной пленки бетона. К данному роду относится также магниевая коррозия (табл.15), вызываемая солями магния, которые вступают в обменную реакцию с портландитом, в процессе которой гидроксид магния выпадает в осадок в порах и трещинах бетонной конструкции. В результате этого цементный раствор становится мягким и распадается, образуя твердые

зернистые частицы, которые выносятся раствором, причем образующийся при этом сернокислый кальций также оказывает значительное коррозионное воздействие на бетон. Сюда же относится аммонийная коррозия бетона, которая возникает в результате его взаимодействия с растворами солей аммония (табл.15), которые имеют разрушающее воздействие относительно материалов, содержащих известь [36].

Таблица 15 – Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на бетон [42]

Показатель агрессивности	Показатель агрессивности для сооружений, расположенных в грунтах при марке бетона по водонепроницаемости				Степень агрессивного воздействия на бетон
	W4	W6	W8	W10-W12	
Бикарбонатная щелочность HCO_3^- , мг-экв/дм ³	Св. 0 до 1,05	-	-	-	Слабоагрессивная
Водородный показатель pH	Св. 5,0 до 6,5	Св. 4,0 до 5,0	Св. 3,5 до 4,0	Св. 3,0 до 3,5	То же
	Св. 4,0 до 5,0	Св. 3,5 до 4,0	Св. 3,0 до 3,5	Св. 2,5 до 3,0	Среднеагрессивная
	Св. 0 до 4,0	Св. 0 до 3,5	Св. 0 до 3,0	Св. 0 до 2,0	Сильноагрессивная
Содержание агрессивной углекислоты CO_3^{2-} , мг/дм ³	Св. 15 до 40	Св. 40 до 100	Св. 100	-	Слабоагрессивная
	Св. 40 до 100	Св. 100	-	-	Среднеагрессивная
Содержание солей магния, мг/дм ³ , в пересчете на ион Mg^{2+}	Св. 1000 до 2000	Св. 2000 до 3000	Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Слабоагрессивная
	Св. 2000 до 3000	Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6000	Среднеагрессивная
	Св. 3000	Св. 4000	Св. 5000	Св. 6000	Сильноагрессивная
Содержание солей аммония, мг/дм ³ , в пересчете на ион NH_4^+	Св. 100 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1000	-	Слабоагрессивная
	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1500	-	Среднеагрессивная
	Св. 800	Св. 1000	Св. 1500	-	Сильноагрессивная
Содержание едких щелочей мг/дм ³ , в пересчете на ионы Na^+ и K^+	Св. 50000 до 60000	Св. 60000 до 80000	Св. 80000 до 100000	-	Слабоагрессивная
	Св. 60000 до 80000	Св. 80000 до 100000	Св. 100000 до 150000	-	Среднеагрессивная
	Св. 80000	Св. 100000	Св. 150000	-	Сильноагрессивная
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей, мг/дм ³	Св. 10000 до 20000	Св. 20000 до 50000	Св. 50000 до 60000	-	Слабоагрессивная
	Св. 20000 до 50000	Св. 50000 до 60000	Св. 60000 до 70000	-	Среднеагрессивная
	Св. 50000	Св. 60000	Св. 70000	-	Сильноагрессивная

Третий вид коррозии включает процессы, при развитии которых в порах бетона происходит накопление и кристаллизация малорастворимых продуктов реакции, которые создают внутреннее напряжение в бетоне, повреждающее структуру бетона. К этому виду коррозии относится коррозия под действием сульфатов (табл. 16), где разрушение происходит в результате роста кристаллов гидросульфоалюмината кальция. Подобный вид коррозии бетона часто встречается в грунтах переменным уровнем грунтовых вод или при соприкосновении бетонных конструкций с периодически увлажняемыми засоленными грунтами [36].

Таблица 16 – Степень агрессивного воздействия сульфатов в грунтах на бетоны марок по водонепроницаемости W4-W20 [42]

Цемент	Показатель агрессивности грунта с содержанием сульфатов в пересчете на ионы SO_4^{2-} , мг/кг					Степень агрессивного воздействия грунта на бетон
	W4	W6	W8	W10-W14	W16-W20	
Портландцемент по <u>ГОСТ 10178</u> , <u>ГОСТ 31108</u>	500-1000	Св. 1000-1500	Св. 1500-2000	Св. 2000-3000	Св. 3000-4000	Слабоагрессивная
	1000-1500	Св. 1500-2000	Св. 2000-3000	Св. 3000-4000	Св. 4000-5000	Среднеагрессивная
	Св. 1500	Св. 2000	Св. 3000	Св. 4000	Св. 5000	Сильноагрессивная
Портландцемент по <u>ГОСТ 10178</u> , <u>ГОСТ 31108</u> с содержанием в клинкере С S не более 65%, С А - не более 7%, С А+С АF - не более 22% и шлакопортландцемент	3000-4000	Св. 4000-5000	Св. 5000-8000	Св. 8000-10000	Св. 10000-12000	Слабоагрессивная
	4000-5000	Св. 5000-8000	Св. 8000-10000	Св. 10000-12000	Св. 12000-15000	Среднеагрессивная
	Св. 5000	Св. 8000	Св. 10000	Св. 12000	Св. 15000	Сильноагрессивная
Сульфатостойкие цементы по <u>ГОСТ 22266</u>	6000-8000	Св. 8000-10000	Св. 10000-12000	Св. 12000-15000	Св. 15000-20000	Слабоагрессивная
	8000-10000	Св. 10000-12000	Св. 12000-15000	Св. 15000-20000	Св. 20000-24000	Среднеагрессивная
	Св. 10000	Св. 12000	Св. 15000	Св. 20000	Св. 24000	Сильноагрессивная

К коррозии второго вида приводят также кислотные и щелочные растворы (табл.15), которые воздействуя с одним из составных частей бетона – опаловидным кремнеземом образуют гель щелочного силиката кремния, способного расширяться, и тем самым приводить к растрескиванию бетона [55].

Классификация коррозионных процессов по типу разрушений (рис. 14 а-к) производится на основе анализа площади и характера распространения коррозионных процессов [50].

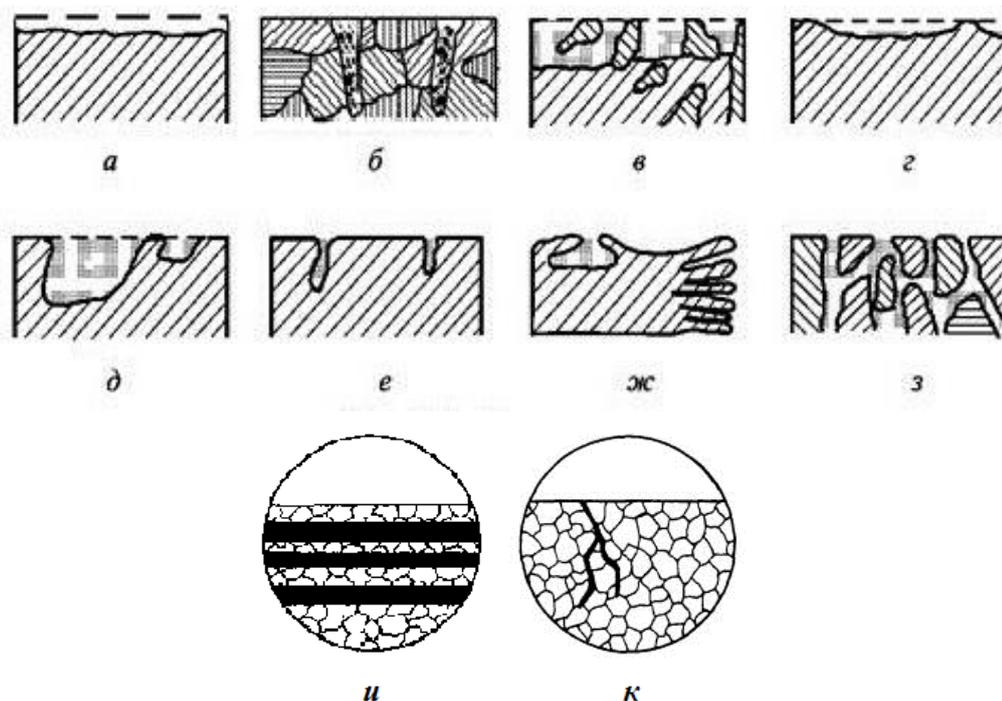


Рисунок 14 – Коррозия по типу разрушения [60]:

а – сплошная, *б* – транскристаллитная, *в* – избирательная, *г* – коррозия пятнами, *д* – коррозионная язва, *е* – питтинговая, *ж* – подповерхностная, *з* – межкристаллитная, *и* – слоевая, *к* – коррозия в виде редких трещин.

Наиболее простым и несущим наименьший материальный ущерб видом коррозионного процесса является сплошная коррозия (рис. 14а). Она охватывает всю поверхность металла, которая находится под воздействием коррозионной среды, и подразделяется на равномерную, если по всей поверхности процесс протекает с одинаковой скоростью, и неравномерную, если скорость процесса неодинакова на различных участках поверхности [61].

Транскристаллитная коррозия (рис. 14б) – это коррозионное поражение, которому характерно наличие большого количества транскристаллитных

трещен. Данный вид возникает в результате появления коррозии под напряжением, например, в результате воздействия сульфат-ионов на бетон с образованием сульфоалюмината кальция.

При избирательной коррозии (рис. 14в) происходит разрушение одной структурной составляющей или одного компонента сплава, например, отдельных зерен материала, физическое состояние которых изменилось вследствие деформации металла.

К коррозии пятнами (рис. 14г) относятся мелкие по глубине коррозионное поражение неправильной формы, размер которых в случае небольшого увеличения может превышать размера поля зрения [60].

Коррозионная язва (рис. 14д) характеризуется как местное коррозионное разрушение, глубина которого приблизительно равна ширине. Она возникает в том случае, когда на поверхности металлов имеется защитная покрывная пленка с местными дефектами и повреждениями, необходимыми для осуществления химических превращений в окислительно-восстановительных системах [62].

В отличие от коррозионной язвы, питтинговая коррозия (рис. 14е) характеризуется как коррозионное поражение, глубина которого намного больше ширины. Питтинги возникают главным образом в защитном слое по местам различных дефектов, к которым относятся поры, микровключения, трещины от внутреннего напряжения, и др. [50].

Подповерхностная коррозия (рис. 14ж) начинается на поверхности, но затем распространяется в глубине металла, в результате чего продукты коррозии оказываются сосредоточенными в полостях металла. Этот вид коррозии вызывает вспучивание и расслоение металлических изделий, которому в большей мере подвержены алюминиевые сплавы.

Межкристаллитная коррозия (рис. 14з) характеризуется разрушением металла по границам зерен. Она особенно опасна тем, что внешний вид металла не меняется, но он быстро теряет прочность и пластичность и легко разрушается, что связано с образованием между зернами рыхлых

малопрочных продуктов коррозии. Этому виду разрушений особенно подвержены хромистые и хромоникелевые стали, никелевые и алюминиевые сплавы [63].

Слоевой коррозией (рис. 14и) называют коррозионное поражение, внутренние слои которого включают зерна размера, различные фазы, включения, выделения. Примером возникновения данного типа коррозии являются алюминиевые бурильные трубы, которые при наличии сильноокислой среды подвергаются развитию слоевой коррозии.

Коррозия в виде редких трещин (рис. 14к) характеризуется образованием трещин различной глубины и различной степени ветвистости в результате развития коррозионных процессов [60].

3. Методика проведения работ

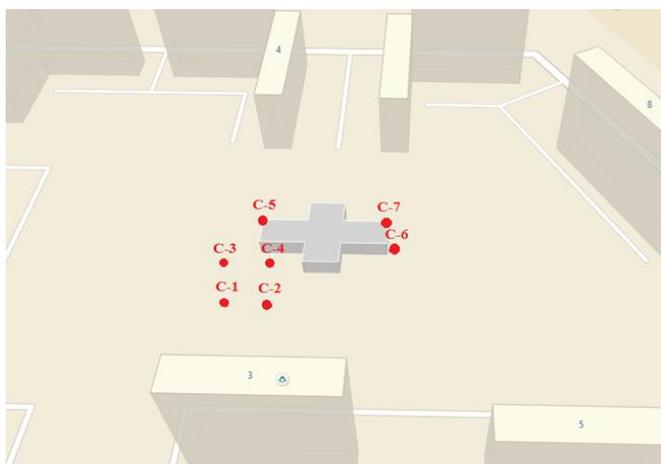
Исследование агрессивности грунта проводилось на основе анализа водной вытяжки из него. Методика исследований включает в себя следующие стадии: отбор проб грунта, подготовка их к анализу (приготовление водной вытяжки) и химический анализ водной вытяжки из грунта в лабораторных условиях.

3.1. Отбор проб грунта

Пробы грунта отбирались представителями организации ООО «Геостройизыскания» в соответствии с указаниями нормативных документов ГОСТ 12071-2014 [64], ГОСТ 9.602-2016 [43], СП 47.13330.2016 [65] СП 11-105-97 [66].

Пробы грунта отбирались из слоев, расположенных на глубине прокладки сооружения на расстоянии 25-100 м [66]. При оборе пробы извлекался грунт массой 1,5-3 кг, в котором удалялись все твердые включения размером более 3 мм. Далее отобранный образец помещался в полиэтиленовый пакет, на котором прописывается наименование организации, номер объекта и пробы, место и глубина отбора пробы, дату отбора пробы, и должность, и фамилию лица, проводящего отбор [64].

Всего на территории было отобрано 11 проб грунта из 7 скважин с глубины от 0,5 м до 12 м. Схема отбора проб представлена на рисунке 15.



Условные обозначения: ● C-1 скважина и ее номер

Рисунок 15 – Схема отбора проб грунта

3.2. Подготовка грунтов к анализу и приготовление водной вытяжки

Для изучения коррозионной агрессивности грунтов территории п. Зональная Станция исследованы содержания водорастворимых форм ряда химических элементов и их соединений, влияющих на агрессивность грунтов. Перечень компонентов представлен в таблице 17. Изучение поведения этих элементов проводилось на основе анализа водной вытяжки из грунта. Подготовка грунта к анализу проводилась согласно требований ГОСТ 26423-85 [67] и включала несколько этапов.

На первом этапе при приготовлении водной вытяжки исследуемый грунт подсушивали до воздушно-сухого состояния в хорошо проветриваемом помещении. Далее он измельчался до размера частиц 2-5 см с удалением видимых крупных включений.

Для получения однородного и представительного образца исследуемый грунт отбирался при помощи метода квартования, после чего взятая проба растиралась до состояния «пудры» в фарфоровой ступе и просеивалась через сито диаметром 1 мм. При приготовлении вытяжки отвешивалось 100 г просеянного грунта, который разбавлялся 500 мл дистиллированной водой в отношении 1:5, после чего колбы взбалтывались в течение 5 минут, отстаивались и фильтровались через бумажный фильтр или центрифугировались до прозрачности. В тот же день после приготовления вытяжки производился ее химический анализ [67].

3.3. Анализ водных вытяжек из грунтов

Количественный химический анализ водной вытяжки из грунтов родников был выполнен в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ сотрудниками Стилинской В.В., Щеголевой И.С., Шердаковой Н.И., Черноусовой Ю.Н., Каричевой Е.Ю., Ракул Л.А. при непосредственном участии автора. Для анализа водной вытяжки из грунтов использовались различные методы химического анализа – титриметрия для определения общей жесткости, иона

кальция, хлорид-, карбонат- и гидрокарбонат ионов, агрессивной двуокиси углерода, органического вещества; пламенно-эмиссионная спектрометрия для определения ионов натрия и калия; турбидиметрия для определения сульфат-иона; колориметрия для определения ионов железа, нитрат-иона и иона аммония. Определение указанных компонентов проводилось в соответствии с требованиями нормативных документов. Перечень методик и применяемый метод определения компонентов водных вытяжек из грунтов включены в Федеральный информационный фонд РФ по нормативной документации, и представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень методик, используемых при проведении химического анализа водной вытяжки из грунта

Компонент	Метод анализа	Нормативный документ на метод выполнения измерения
рН	Потенциометрия	ГОСТ 26423-85
Удельная электрическая проводимость	Кондуктометрический	ГОСТ 26423-85
Органическое вещество	Титриметрический	ГОСТ 26213-91
HCO_3^-	Титриметрический	ГОСТ 31957-2012
CO_2 св	Титриметрический	ГОСТ 14657.9-96
CO_3	Титриметрический	ГОСТ 31957-2012
CO_2^{2-} агрессивная	Титриметрический	ФР.1.31.2016.22546
Cl^-	Титриметрический	ФР 1.31.2011.10042
SO_4^{2-}	Турбидиметрический	ГОСТ 26426-85
NO_3^-	Колориметрия	ГОСТ 26951-86
Общая жесткость	Титриметрический	ФР 1.31.2011.09191
Ca^{2+}	Титриметрический	ПНД Ф 14.1:2:3 95-97
Mg^{2+}	Расчетны методом	
Fe общ	Колометрический	ПНД Ф 14.1:2 50-96
Na^+	Пламенно-эмиссионная спектрометрия	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011
K^+	Пламенно-эмиссионная спектрометрия	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011
NH_4^+	Колометрический	ПНД Ф 14.1:2:3 1-95

Определение удельной электрической проводимости и значений рН водной вытяжки производят в суспензии [67]. Определение остальных компонентов состава водной вытяжки проводят в профильтрованной пробе.

Для ее приготовления в воронки помещают двойные складчатые фильтры. Край фильтра должен быть расположен на 0,5-1 см ниже края воронки. В начале фильтрования необходимо перенести на фильтр возможно большее количество грунта. Струю суспензии направляют на боковую стенку воронки, чтобы не порвать фильтр. Первую порцию фильтрата объемом до 10 см отбрасывают и только затем начинают собирать фильтрат в чистый сухой приемник. Мутные фильтраты перефильтровывают [67].

По окончании фильтрования фильтраты тщательно перемешивают круговыми движениями и используют для определения катионно-анионного состава водной вытяжки. Анализ начинают с определения ионов карбоната и бикарбоната.

Определение рН.

Определение рН водной вытяжки проводится в нефильтрованной пробе (в суспензии).

Анализируемую пробу объемом 30 см³ помещают в химический стакан вместимостью 50 см³. Электроды, предварительно промытые дистиллированной водой, погружают в стакан с анализируемой пробой. После установления стабильного значения рН на табло прибора (в течении 1,5 мин) снимают с него показания [67].

Определение удельной электрической проводимости.

В заранее приготовленную суспензию погружают датчик кондуктометра и определяют электрическую проводимость. После каждого определения датчик тщательно промывают дистиллированной водой [67].

Определение органического вещества (гумус).

Для проведения анализа на содержание органического вещества 25-50 мл водной вытяжки помещают в колбу вместимостью 250 мл, и разбавляют дистиллированной водой до объема 100 мл. В колбу приливают 10 мл 25%-го раствора серной кислоты и титрируют раствором перманганата калия до слабо розовой окраски, даже к раствору прибавляется еще 10 мл раствора перманганата калия и приблизительно 0,2 г песка, и кипятится на

электроплитке 10 мин. Если после этого раствор обесцветился или стал желтоватым, то определение следует повторить с меньшим объемом вытяжки. Далее в анализируемую вытяжку приливают 10 мл щавельной кислоты и взбалтывают до обесцвечивания раствора. Горючий раствор титруют раствором перманганата калия до появления розовой окраски [68].

Определение бикарбонатной щелочности.

Для проведения анализа в емкость для титрования пипеткой вносят 2,00 или 5,00 см³ углекислого натрия и добавляют дистиллированной воды. Титруют раствором соляной кислоты молярной концентрации 0,02 моль/дм³ или 0,05 моль/дм³ соответственно, фиксируя конечную точку титрования потенциометрически при значении рН 4,5 или визуально со смесью индикаторов до перехода окраски из сине-зеленой в серую.

Титрование проводят дважды и регистрируют объемы соляной кислоты, израсходованные на титрование. Если расхождение между двумя результатами титрования не превышает 0,05 см³, то за результат титрования принимают среднеарифметическое из этих значений. [69].

Определение свободной углекислоты.

Для проведения анализа отбирают воду (100 см³) пипеткой при помощи сифона, при этом пипетка наполняется снизу. Некоторому объему воды дают стечь через верх пипетки, доводят уровень воды в ней до метки и выливают воду в колбу для титрования. Кончик пипетки при этом должен находиться все время ниже уровня воды в колбе. Во время титрования кран в колбе для титрования, как правило, закрыт. Для получения точных результатов следует делать два определения - ориентировочное и окончательное. При ориентировочном определении в колбу для титрования, содержащую 100 см³ исследуемой воды, прибавляют 1 см³ раствора сегнетовой соли, 1 см³ раствора фенолфталеина и титруют раствором углекислого натрия до появления устойчивой слабозеленой окраски. При окончательном титровании в колбу для титрования отмеривают раствор натрия углекислого, в количестве, израсходованном на ориентировочное титрование, прибавляют 1

см 330 % раствора сегнетовой соли, 100 см³ исследуемой воды, 1 см³ 0,1% раствора фенолфталеина и дотитровывают пробу раствором натрия углекислого до слабозимой окраски, не исчезающей в течение 5 мин. Повторяют титрование и, если расхождение между параллельными титрованиями не превышает 0,05 см³ при объеме натрия углекислого 5 см³ или менее 0,1 см³ при объеме более 5 см³, за результат принимают среднее значение объема раствора натрия углекислого. В противном случае повторяют титрование до получения допустимого расхождения результатов [70].

Определение агрессивной углекислоты.

Предварительно перед анализом отобранную пробу с кальцитом взбалтывают или перемешивают на мешалке в течение 12 часов непрерывно. По окончании этой операции часть воды отфильтровывают через сухой фильтр и в фильтрате определяют ион НСО³⁻ титрованием соляной кислотой. Далее в коническую колбу вносят 100 см³ отфильтрованной испытуемой воды, прибавляют 3 капли раствора метилового оранжевого и титруют раствором кислоты до перехода окраски индикатора из желтой в золотисто-розовую. Одновременно тем же способом определяют содержание иона НСО₃⁻ в пробе без кальцита повторяя титрование и, если расхождение между параллельными титрованиями не превышает 0,05 см³ при объеме титранта 5 см³ или менее 0,1 см³ при объеме титранта более 5 см³, за результат принимают среднее значение объема раствора титранта, в противном случае повторяют титрование до получения допустимого расхождения результатов [71].

Определение карбонатов.

Для проведения анализа в коническую колбу пипеткой вносят 100 см³ отфильтрованной испытуемой воды, добавляют 5-10 капель раствора фенолфталеина и титруют раствором соляной кислоты до перехода окраски из красной в бесцветную. Затем прибавляют 3 капли раствора метилового оранжевого и титруют раствором соляной кислоты той же концентрации до перехода окраски индикатора из желтой в золотисто-розовую. Повторяют титрование и, если расхождение между параллельными титрованиями не

превышает $0,05 \text{ см}^3$ при объеме соляной кислоты 5 см^3 или менее $0,1 \text{ см}^3$ при объеме более 5 см^3 , за результат принимают среднее значение объема раствора соляной кислоты. В противном случае повторяют титрование до получения допустимого расхождения результатов [69].

Определение хлорид-иона.

В колбу для титрования помещается 50 мл исследуемой вытяжки. К анализируемому раствору прибавляют 1 мл 10% раствора хромовокислого калия. Анализируемую пробу титрируют 0,01 н. раствором азотнокислого серебра до перехода желтой окраски раствора в бурую [72].

Определение сульфат-иона.

Отбор анализируемой вытяжки и растворов сравнения из пробирки производится пипеткой или дозатором по 1 см^3 . К пробам из бюретки или дозатором по 10 см^3 рабочего осаждающего раствора и тщательно перемешивают. Фотометрирование взвеси производят не ранее чем через 10 минут после прибавления осаждающего раствора, в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 10 мм относительно раствора сравнения [73].

Определение нитрат-иона.

Пробу объемом 150 см^3 обрабатывают. Для анализа используют фильтрат. Его объем может составлять $5,0 - 10 \text{ см}^3$ в зависимости от концентрации нитрат-ионов в воде. Далее в ряд колориметрических пробирок на 10 см^3 отбирают последовательно пипеткой $0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 \text{ см}^3$ рабочего раствора нитрат-иона ($0,01 \text{ мг/см}^3$) и доводят дистиллированной водой до метки. При анализе пробы воды выполняют не менее двух параллельных определений.

Растворы переносят в фарфоровые чашки, добавляют 2 см^3 раствора салициловой кислоты (или 2 см^3 раствора натрия салициловокислого) и выпаривают в фарфоровой чашке на водяной бане досуха. После охлаждения сухой остаток смешивают с 2 см^3 серной кислоты и оставляют на 10 мин. Затем содержимое чашки разбавляют $10 - 15 \text{ см}^3$ дистиллированной воды, приливают приблизительно 15 см^3 раствора гидроксида натрия и сегнетовой соли,

переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, смывая стенки чашки дистиллированной водой, охлаждают колбу в холодной воде до комнатной температуры, доводят дистиллированной водой до метки и полученный окрашенный раствор сразу фотометрируют при $\lambda = 410$ нм в кюветах с толщиной поглощающего слоя 20 мм. Одновременно с обработкой градуировочных растворов проводят «холостой опыт» с дистиллированной водой, который используют в качестве раствора сравнения [74].

Определение общей жесткости.

Для проведения анализа в колбы объемом 250 мл отмерят по 100 мл исследуемой водной вытяжки. К взятому анализу воды прибавляют 5 мл буферного раствора и 0,1 г смеси индикатора для анализа. Раствор перемешивают и титруют раствором двунаатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты до изменения окраски, свойственной индикатору в присутствии ионов кальция и магния [75].

Определение кальция.

Определение иона кальция проводится титриметрическим трилонометрическим методом с индикатором мурексидом. Оно основано на образовании иона кальция с мурексидом мало дислоцированного, прочного при рН 10 соединения, окрашенного в малиновый цвет. При титровании кальций связывается трилоном Б в еще менее диссоциированный комплекс, и мурексид окрашивает щелочной раствор в фиолетовый цвет [76].

Определение магния.

Оценку концентрации магния в пробе проводят расчетным методом по разности между величиной общей жесткости и содержанием кальция.

Определение иона-железа.

К отобранной пробе добавляют 0,5 см³ концентрированной азотной кислоты и упаривают раствор до 1/3 объема. Затем полученный раствор фильтруют через «белую ленту», после чего приливают по 2,0 см³ хлористого аммония, сульфосалициловой кислоты, и аммиака, после чего доводят до метки дистиллированной водой и оставляют на 5 минут до развития окраски.

Оптическую плотность полученного раствора измеряют по длине волны $\lambda = 425$ нм в кювете с длиной поглощающего слоя 50 или 100 мм по отношению к холостому раствору, проведенному с дистиллированной водой через весь ход анализа. По градуировочному графику находят содержание железа общего [77].

Определение натрия и калия.

Подготовленную пробу распыляют в пламя горелки. Регистрируют сигнал эмиссии для определяемого элемента не менее трех раз, по среднему значению автоматически рассчитывается содержание элемента в пробе.

Если измеренная величина выходит за пределы градуировочного графика, то пробы разбавляют раствором азотной кислоты, используемым для приготовления градуировочных растворов [78].

Определение иона-аммония.

В ходе проведения анализа к 10 см^3 пробы прибавляют несколько кристалликов сегнетовой соли и $0,5 \text{ см}^3$ реактива Несслера. Желтое окрашивание раствора, помутнение или выпадение желто-коричневого осадка указывает на присутствие ионов аммония. При повышенном содержании органических веществ, особенно гуминовых кислот, вызывающих усиление коричневой окраски после подщелачивания, проводят параллельный опыт, добавив к пробе сегнетову соль, а вместо реактива Несслера - $0,5 \text{ см}^3$ 15 %-ного раствора гидроксида натрия [79].

3.4. Обработка результатов

Обработка результатов при определении рН.

За результат измерения принимают значение рН, которое определяют по шкале прибора [67].

Обработка результатов при определении удельной электрической проводимости.

Удельную электрическую проводимость анализируемой вытяжки (X), мСм/см, вычисляют по формуле:

$$X = a * C * k,$$

где a – измеренная электрическая проводимость вытяжки, мСм;
 C – константа кондуктометрической ячейки (датчика), см⁻¹;
 k – коэффициент температурной поправки для приведения электрической проводимости, измеренной при данной температуре, к 25 °С [67].

Обработка результатов при определении органического вещества.

Величину перманганатной окисляемости (X), выраженную в мгО/дм³, рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) * K * 0.01 * 8 * 1000 * K_p}{V},$$

где V_1 – объем раствора перманганата калия (0,01 моль/дм³ эквивалента), израсходованного на титрование исследуемой пробы, см³;

V_2 – объем раствора перманганата калия (0,01 моль/дм³ эквивалента), израсходованного на титрование холостой пробы, см³;

K – поправочный коэффициент к титру раствора перманганата калия;

V – объем пробы, взятой для анализа (100), см³;

K_p – коэффициент разбавления пробы;

8 – эквивалент кислорода.

Если поправочный коэффициент к титру перманганата калия имеет значение от 0,995 до 1,005, то при вычислении результатов его можно не учитывать [68].

Обработка результатов при определении бикарбонатной щелочности и карбонатов.

Для определения содержания (массовой концентрации) карбонат- и гидрокарбонат-ионов используют значения свободной щелочности, ммоль/дм³, и общей щелочности, ммоль/дм³, применяя соотношение между свободной и общей щелочностью, приведенные в табл. 3 п. 5.5.5.1 ГОСТ 31957-2012 [69].

Общую щелочность (A_T), ммоль/дм³ рассчитывают по формуле:

$$A_T = \frac{c(\text{HCl})V_3 * 1000}{V_1},$$

где $c(\text{HCl})$ – точная молярная концентрация раствора соляной кислоты, моль/дм³;

V_1 – объем анализируемой пробы воды, взятый для титрования, см^3 ;

V_3 – объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование до pH 4,5, см^3 .

Свободную щелочность (A_p), ммоль/ дм^3 рассчитывают по формуле:

$$A_p = \frac{c(\text{HCl})V_2 \cdot 1000}{V_1},$$

где $c(\text{HCl})$ – точная молярная концентрация раствора соляной кислоты, моль/ дм^3 ;

V_1 – объем анализируемой пробы воды, взятый для титрования, см^3 ;

V_3 – объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование до pH 8,3, см^3 [69].

Обработка результатов при определении свободной и агрессивной углекислоты.

Массовую концентрацию агрессивной двуокиси углерода X ($\text{мг}/\text{дм}^3$) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(v - v_1)c_{22} \cdot 1000}{V},$$

где v – количество раствора соляной кислоты, израсходованное на титрование пробы с кальцитом, см^3 (среднее значение по 2 определениям);

v_1 – количество раствора соляной кислоты, израсходованное на титрование пробы, не взаимодействующей с кальцитом, см^3 (среднее значение по 2 определениям);

c – молярная концентрация эквивалента раствора соляной кислоты, моль/ дм^3 ;

22 – молярная масса эквивалента CO_2 , г/моль;

V – объем пробы, взятый для определения, см^3 [70;71].

Обработка результатов при определении хлорид-иона.

Содержание хлор-ионов (X) в грунте в $\text{мг}/\text{кг}$ вычисляется по формуле:

$$X = \frac{VN \cdot 35.5 \cdot 1000}{V_1},$$

где V – объем азотнокислого серебра, пошедший на титрования пробы, мл;

N – нормальность раствора азотнокислого серебра;

V_1 – объем вытяжки, взятый для титрования, мл;

35,5 – мг-экв хлор-иона [72].

Обработка результатов при определении сульфат-иона.

По результатам фотометрирования растворов сравнения строят градуировочный график. По оси абсцисс откладывают концентрации иона сульфата в растворах сравнения, а по оси ординат – соответствующие им показания фотоэлектроколориметра.

Количество сульфата в анализируемом грунте определяют непосредственно по градуировочному графику. Если результат определения выходит за пределы градуировочного графика, определение повторяют, предварительно разбавив вытяжку дистиллированной водой. Результат, найденный по графику, увеличивают во столько раз, во сколько раз была разбавлена вытяжка [73].

Обработка результатов при определении нитрат-иона.

Содержание нитрат-ионов, X , мг/дм³ вычисляют по формуле:

$$X = C * K,$$

где C – содержание нитрат-ионов, найденное по графику, мг/дм³;

K – коэффициент разбавления [74].

Обработка результатов при определении общей жесткости.

Общую жесткость (X) в мг-экв/л вычисляют по формуле

$$X = \frac{V_1 n_1 1000}{V},$$

Где V_1 – объем раствора трилона Б, пошедшего для титрования, мл;

V – объем исследуемой воды, мл;

n_1 – нормальность трилона Б, мг-экв/л [75].

Обработка результатов при определении кальция.

Массовую концентрацию кальция в анализируемой пробе воды находят по формулам:

$$X = \frac{20.04 * C_{\text{тр}} * V_{\text{тр}} * 1000}{V} \text{ или}$$

$$X_3 = \frac{C_{\text{тр}} * V_{\text{тр}} * 1000}{V},$$

где X или X_3 – массовая концентрация кальция в воде, мг/дм³ или ммоль/дм³ соответственно;

$C_{\text{тр}}$ – концентрация раствора трилона Б, моль/дм³ эквивалента;

$V_{\text{тр}}$ – объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование пробы, см³;

V – объем пробы воды, взятой для определения, см³;

20,04 – молярная масса эквивалента Ca^{2+} , г/моль.

Если массовая концентрация кальция в анализируемой пробе превышает верхнюю границу диапазона (100 мг/дм³), разбавляют пробу с таким расчетом, чтобы массовая концентрация кальция входила в регламентированный диапазон, и выполняют титрование.

В этом случае массовую концентрацию кальция в анализируемой пробе воды X или X_3 находят по формуле:

$$X \text{ или } X_3 = X_v * \frac{V_v}{v}$$

где X_v – массовая концентрация кальция в разбавленной пробе воды, мг/дм³ или ммоль/дм³ соответственно;

v – объем аликвоты пробы воды, взятой для разбавления, см³;

V_v – объем пробы воды после разбавления, см³ [76].

Обработка результатов при определении железа общего.

Содержание железа рассчитывают по формуле

$$X = \frac{C * 100}{V},$$

где X – содержание железа, мг/дм³;

C – концентрация железа, найденная по градуировочному графику, мг/дм³;

100 – объем, до которого была разбавлена проба, см³;

V – объем, взятый для анализа, см³ [77].

Обработка результатов при определении натрия и калия.

Массовую долю металла в воздушно-сухой пробе (X , мг/кг) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{X \cdot V}{M},$$

где X – содержание металла в анализируемом растворе, мг/дм³;

V – объем подготовленного раствора, см³;

M – масса навески воздушно-сухой пробы, г [78].

Обработка результатов при определении иона-аммония.

Содержание ионов аммония NH_4^+ в мг/дм³ вычисляют по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 1000 \cdot n}{V},$$

где C – содержание ионов аммония, найденное по калибровочному графику, мг,

V – объем пробы, взятой для анализа, см³;

$n = 1$ при прямом определении ионов аммония;

$n = 10$ при определении с предварительной отгонкой аммиака (т.к. для анализа используется 1/10 отгона) [79].

4. Химический состав грунтов п. Зональная Станция

4.1. Химический состав водной вытяжки из грунтов п. Зональная Станция

Для оценки коррозионной активности водной вытяжки из грунтов изучаемой территории проведено исследование ее химического состава по методике, описанной в п. 3 настоящей работы. Данные по химическому составу водных вытяжек из грунтов представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты химического анализа водной вытяжки грунта территории п. Зональная Станция

Компонент	Содержание, мг/кг										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Номер пробы**											
Глубина отбора пробы, м	0-1,0	1,0	1,0-2,0	1,0-2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0-3,0	5,0	12,0
pH, ед. pH	6,83	7,55	6,5	6,83	6,5	6,5	7,0	7,7	7,83	7,8	7,6
УЭП, мкСм/см	22,3	130	14	28,2	16	11,4	42	101	108	111	132
Органическое вещество*, мгO ₂ /кг	20,4	16,2	24,6	31,2	8,3	-	9,6	7,5	9,4	-	-
NO ₃ ⁻	2,8	0,9	16	2,53	0,45	3,3	1,6	1,55	4,2	2,24	2,85
CO ₂ ^{св}	24,2	26,5	26,5	26,4	13	53	13	13	22	26,5	26,5
HCO ₃ ⁻	122	427	30,5	122	30,5	30,5	61	335	240	354	457
CO ₃ ²⁻	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
SO ₄ ²⁻	48	38,5	102,5	17,3	56,5	-	71	20	82	-	<10
Cl ⁻	12,9	6,5	4,35	22	3,9	3,5	16,5	11	35,5	19,5	11
ОЖ, °Ж	0,23	1,5	0,12	0,48	0,12	0,2	0,4	1,16	1,05	1,2	1,3
Ca ²⁺	12,5	135	10	30	8	10	36	110	87,5	110	120
Mg ²⁺	6,1	6	1,2	10,7	2,45	6	2,4	3,65	10,7	6	6
Na ⁺ +K ⁺	8,9	17	31,5	9,4	15	12,9	21,5	9,5	21,3	14,8	35,5
NH ₄ ⁺	0,73	0,65	2,25	0,62	0,4	1,8	0,55	0,6	0,57	1,1	12,4
Fe ^{общ}	8	2,35	6,25	8,4	3,2	3,9	5,6	2,3	8,7	3,25	4,25
CO ₂ агрессивная	88	22	121	102	99	28	110	37,5	79	8,8	8,3

*по величине перманганатной окисляемости; - нет данных

**номер пробы присвоен в произвольном порядке без привязки к номеру скважины в соответствии с требованием организации, предоставившей фактические данные.

Анализ данных показал, что в пределах исследуемого участка по величине pH выделяются 3 типа водных вытяжек - слабокислые, нейтральные и слабощелочные с преобладанием последних.

Удельная электропроводность водных вытяжек, дающая представление об общем содержании в грунте растворимых в воде органических и

минеральных соединений, в исследованных образцах колеблется от 11 мкСм/см до 132 мкСм/см. При этом высокие значения этого параметра характерны для образцов, отобранных как с глубины 1,0 м, так и с глубины 2,0 м, 5,0 и 12 м.

Содержание органического вещества в вытяжках из грунта, определяемое по величине перманганатной окисляемости, колеблется от 7,5 мгО₂/кг до 31,2 мгО₂/кг, и как видно из таблицы, не связано с глубиной отбора проб грунта.

Азотсодержащие вещества в вытяжках в виде нитрат-иона в основной выборке образцов находятся в незначительных количествах и варьируют от 0,9 до 4,2 мг/кг, за исключением точки Т3, где содержание азота нитратного составляет 16 мг/кг. Одновременно с высоким содержанием нитратов водная вытяжка в этой точке наблюдения содержит и повышенное по сравнению с другими пунктами количество азота аммонийного 2,25 мг/кг при минимальном его количестве 0,4 мг/кг в пункте Т5. Максимальных значений, по отношению к изучаемым пробам, ион аммония достигает в Т11, где его содержание находится на уровне 12,5 мг/кг.

Компоненты карбонатной системы в водных вытяжках наблюдаются в разных количествах и уровень их содержания не связан с глубиной отбора проб. Так, двуокись углерода колеблется в пределах 13,0 - 26,5 мг/кг при единичном максимальном значении 53 мг/кг в пробе Т6. Количество карбонат-ион в грунтах не велико и повсеместно на данной территории составляет менее 15 мг/кг. Двуокись углерода агрессивная установлена на уровне 8-120 мг/кг. Разброс содержания гидрокарбонат-иона в грунтах п. Зональная Станция составляет от 30,5 мг/кг до 457 мг/кг.

Разнообразно среднее содержание сульфат-иона в характеризуемом грунте. Его количество колеблется в пределах двух порядков от следовых количеств (менее 10 мг/кг) до сотен миллиграммов на килограмм грунта. Наиболее низкие содержания данного компонента, возможно, связаны с его интенсивным вымыванием в процессе проведения водной мелиораций почвы. Максимально установленное значение этого компонента в пробе Т3

сопровождается повышенным уровнем иона аммония, что может быть связано с проведением мелиоративных мероприятий на данном участке территории с внесением минеральных удобрений, в том числе содержащих в составе сульфат аммония, который часто используется при выращивании свеклы, капусты, картофеля.

Количество хлорид-иона в грунтовом растворе изучаемой территории незначительно и находится в пределах от 3,5 до 35,5 мг/кг. Этот некоторый размах значений может быть следствием внесения в почвы минеральных удобрений в пределах данных точек опробования, и в первую очередь, с избыточным внесением калийных удобрений.

Общая жесткость грунта в среднем колеблется от 0,12 до 1,5 °Ж. Участки с максимальным уровнем жесткости характеризуются максимальным количеством кальция в вытяжке, который составляет от 110 до 135 мг/кг. В тоже время количество магния в водных вытяжках имеет небольшой разброс значений, составляющий от 1,2 до 9,5 мг/кг.

Среднее суммарное содержание ионов натрия и калия на данной территории составляет от 9 до 36 мг/кг. В значительной степени здесь выделяются пробы Т3 и Т11, суммарное содержание ионов натрия и калия в которых почти в 2 раза превышает среднее значение всех проб.

Содержание общего железа в грунтах колеблется незначительно, в пределах от 2,5 до 8,7 мг/кг. Максимальное его содержание наблюдается в Т4 и Т9 на глубинах 1,5 и 2,5 м, а минимальное в Т2 и Т8, на глубине 1 м и 2 м соответственно.

4.2. Сравнительная характеристика содержания компонентов в грунтах по фактическим и литературным данным

Агрессивность геологических сред, в том числе грунтов, как компонента геологической среды проявляется под воздействием различных естественных или антропогенных факторов. Для выявления этих факторов необходимо провести сравнительную характеристику полученных данных с

представленными ранее литературными и практическими данными (табл. 9), полученными в результате как исследования схожих по морфологическому строению почв, так и изучению почв с грунтами в пределах территории п. Зональная Станция.

В ходе проведения сравнительной характеристики было проведено сопоставление количественных данных таких параметров, как кислотно-основные свойства грунта, содержание органического вещества, нитрат-иона, гидрокарбонат-иона, сульфат-иона, хлорид-иона, иона аммония, иона кальция и магния, натрия и калия, а также иона железа. Сравнительная характеристика остальных компонентов водной вытяжки из грунта не проводилась в связи с отсутствием данных по их содержанию в литературных источниках.

Водные вытяжки из грунтов данной территории в основном характеризуются как слабощелочные, в то время в представленных литературных данных, на примере Горюшкной Е.С. [28] и Славиной Т.П. [26], они имеют преимущественно слабокислый характер (рис. 16).

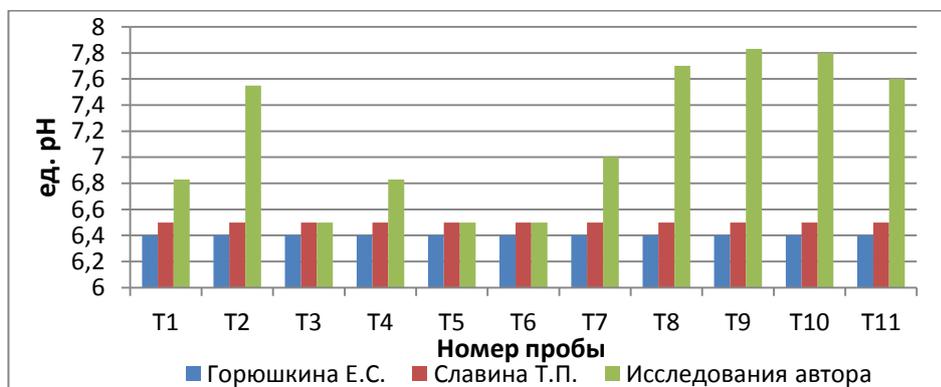


Рисунок 16 – Сравнительная характеристика величины рН в грунтах по данным разных авторов

Содержание органического вещества в вытяжках из грунта, определяемое по величине перманганатной окисляемости превышает средние значения, предложенные Мамонтовым В.Г. [29] и изыскательной организацией «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32] в трех пробах, при этом в первой пробе это превышение незначительно и составляет по отношению к данным АО «ТомскТИСИЗ» 0,4 мгО₂/кг, а по отношению к данным Мамонтова 0,8 мгО₂/кг (рис. 17).

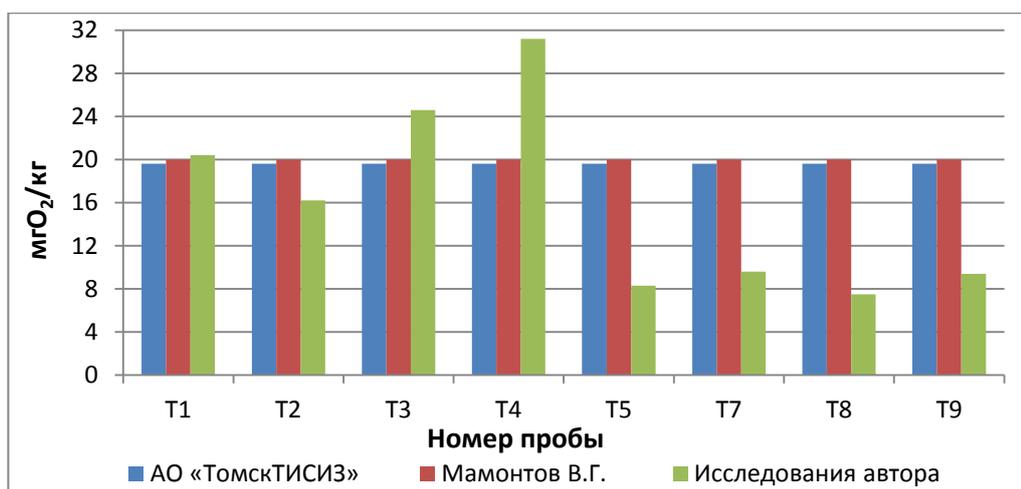


Рисунок 17 – Сравнительная характеристика содержания органического вещества в грунтах по данным разных авторов

Азотсодержащие вещества, к которым относится нитрат-ион и ион аммония, характеризуются обратно пропорциональным содержанием в водных вытяжках из грунта. Для нитрат-иона максимальное увеличение содержания, составляющее 16 мг/кг, и, соответственно, наибольшее превышение над значениями, представленными в литературных данных, характерно в приповерхностных слоях (рис. 18), а для иона аммония максимальное увеличение содержания происходит на глубине 12 м, где оно составляет 12,4 мг/кг (рис. 19). Данная зависимость может проявляться в связи с замедлением процесса нитрификации в результате уменьшения количества кислорода с глубиной.

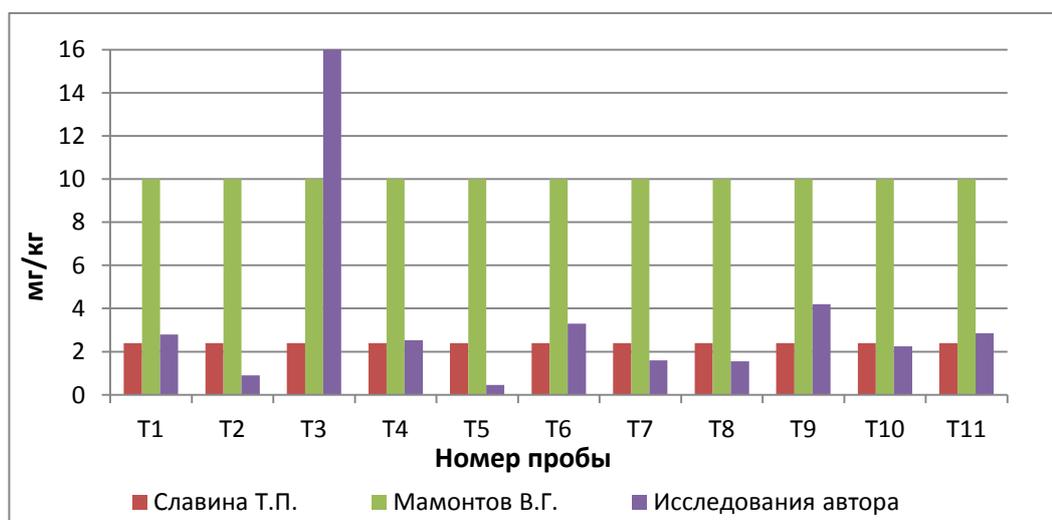


Рисунок 18 – Сравнительная характеристика содержания нитрат-иона в грунтах по данным разных авторов

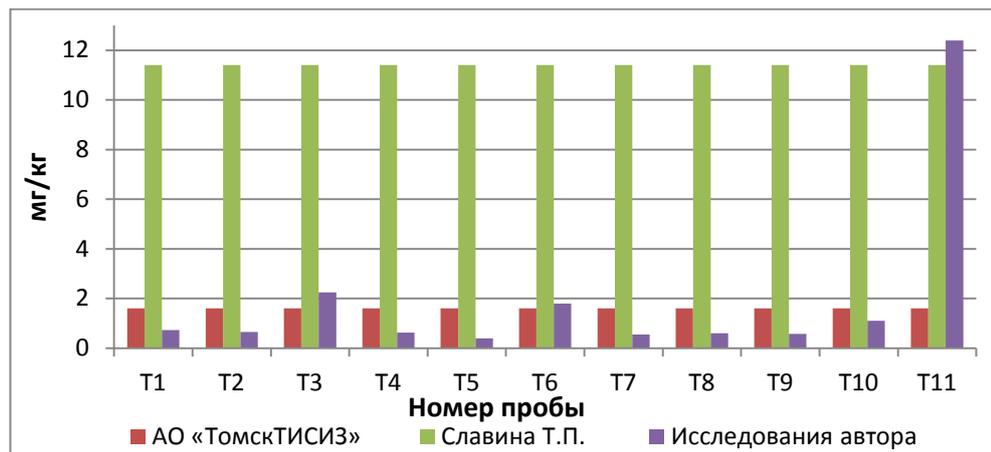


Рисунок 19 – Сравнительная характеристика содержания иона-аммония в грунтах по данным разных авторов

Оценка влияния гидрокарбонат-иона на степень агрессивности грунтов производится по анализу его наименьшего количества в водной вытяжке. В связи с этим, рассмотрим содержание данного иона, находящиеся ниже средних значений некоторых источников литературы. К пробам, содержание гидрокарбонат-иона в которых находится ниже средних значений, установленных в соответствии с Мамонтовым В.Г. [29] и АО «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32], относится Т3, Т5 и Т6, где содержание данного иона составляет 30,5 мг/кг (рис 20). При этом в Т1, Т4, и Т8 количественные показатели гидрокарбонат-иона выше значений, предложенным Мамонтовым В.Г. [29], но ниже значений, отмеченных в АО «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32].

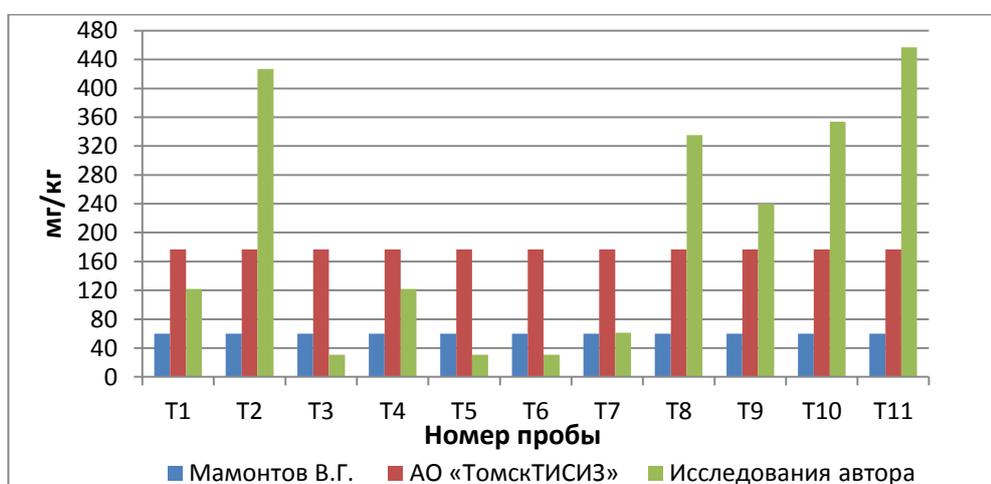


Рисунок 20 – Сравнительная характеристика содержания гидрокарбонат-иона в грунтах по данным разных авторов

Содержание в водной вытяжке из грунтов сульфат-иона по отношению к представленным средним значениям, предложенным Мамонтовым В.Г. [29] и изыскательской организацией «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32], преимущественно превышено от двух до пяти раз. Наибольшее превышение количества сульфат-иона в водной вытяжке из грунта при этом наблюдается в третьей скважине и составляет более восьмидесяти мг/кг (рис. 21).

К пробам, количественные показатели которых выбиваются из общих значений относятся Т4 и Т8, где наблюдается превышение содержания сульфат-иона над средними данными, описанными Мамонтовым В.Г. [29], и которые находятся ниже значений, взятых в отчетах АО «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32].

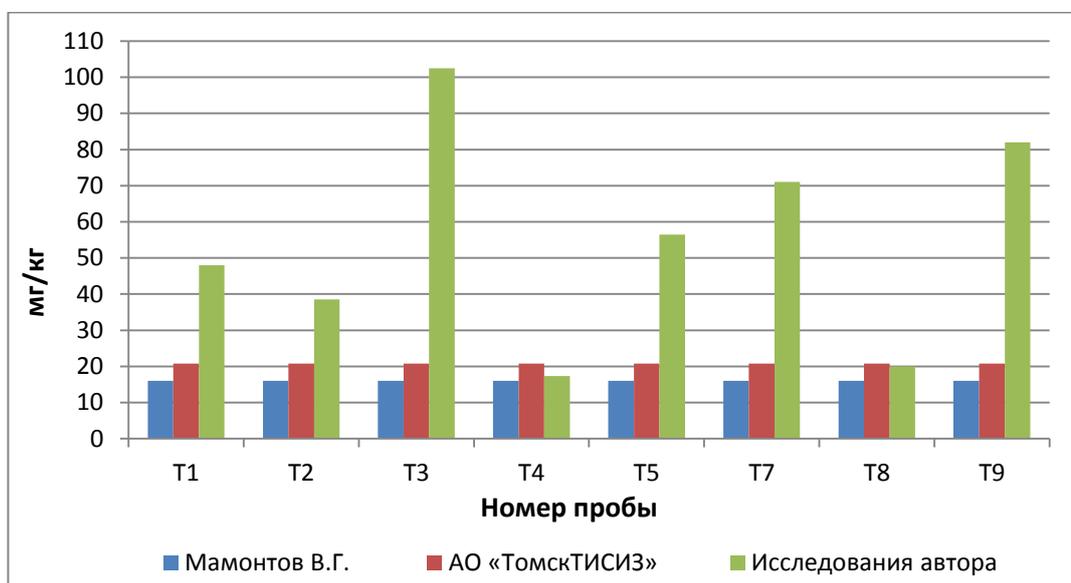


Рисунок 21 – Сравнительная характеристика содержания сульфат-иона в грунтах по данным разных авторов

Анализ количества хлорид-иона в водной вытяжке, при сопоставлении с данными Мамонтова В.Г. [29] и изыскательской организацией «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32], показал, что более половины проб имеют превышение по содержанию в них хлорид-иона (рис. 22). Максимальное превышение, в 3,5 раза, относительно средних значений согласно литературным данным наблюдается в Т9, на глубине от 2 м до 3 м. Содержание хлорид-иона в этой точки резко выбивается из общей картины содержания хлоридов в грунтах участка, и характеризуется превышением над общим фоном примерно в полтора раза.

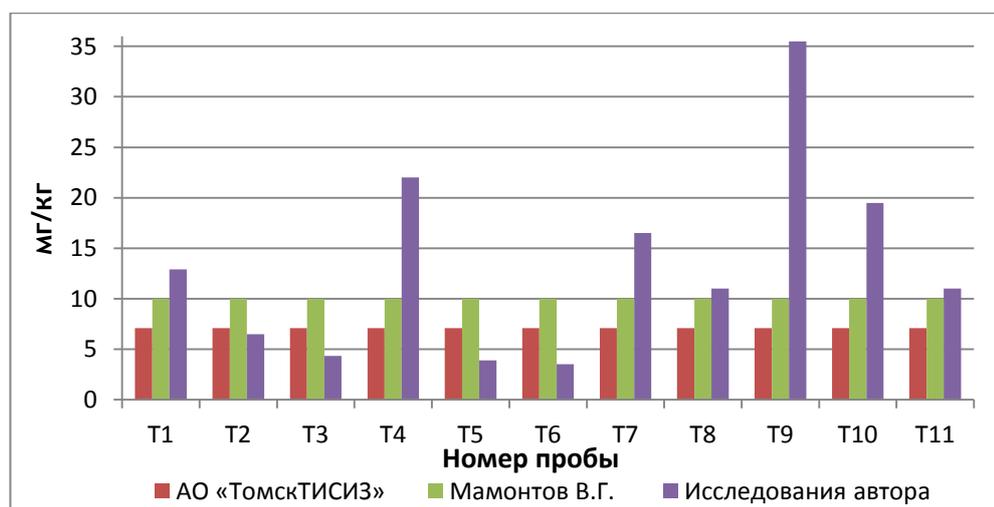


Рисунок 22 – Сравнительная характеристика содержания хлорид-иона в грунтах по данным разных авторов

Изменение количественных значений иона кальция относительно представленных литературных данных неоднородно, и не связано с трансформацией данного иона по глубине залегания грунтов (рис. 23). Превышение содержания иона кальция над средними значениями литературных данных наблюдается в семи пробах вытяжек из грунтов, при этом в двух пробах наблюдается повышенное содержание только над данными Славиной Т.П. [26] (рис. 23), а еще в пяти пробах наблюдается превышение как над средними значениями, взятыми из отчетов «ТомскТИСИЗ», так и над значениями, предложенными Славиной Т.П. [26].

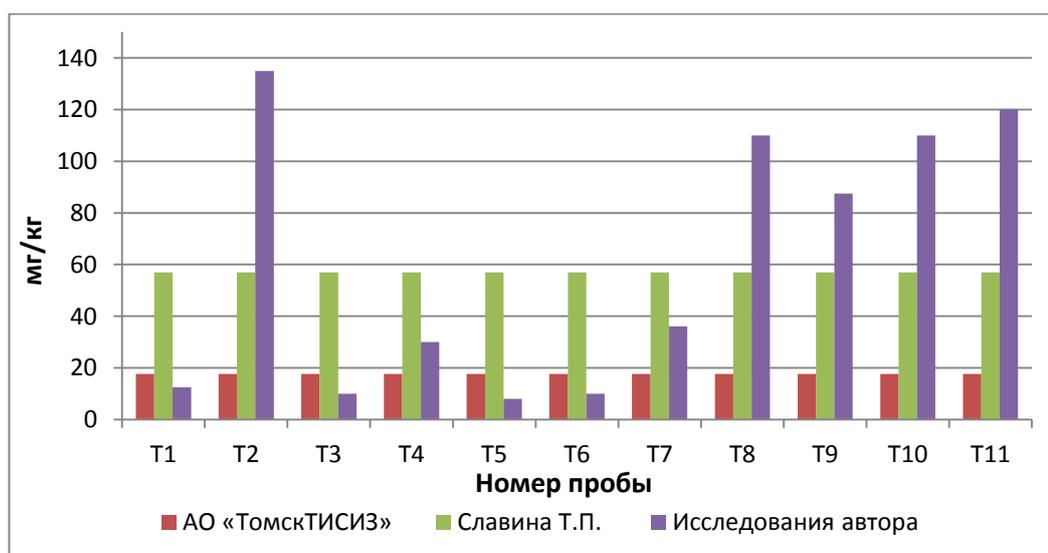


Рисунок 23 – Сравнительная характеристика содержания иона кальция в грунтах по данным разных авторов

Варьирование количества иона магния в пробах водной вытяжки из изучаемых грунтах незначительно, и составляет от 1,2 до 10,7 мг/кг, кроме того, в них не наблюдается превышений над средними значениями литературных данных (рис. 24), представленными Горюшкиной Е.С. [28], Славиной Т.П. [26] и АО «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32].

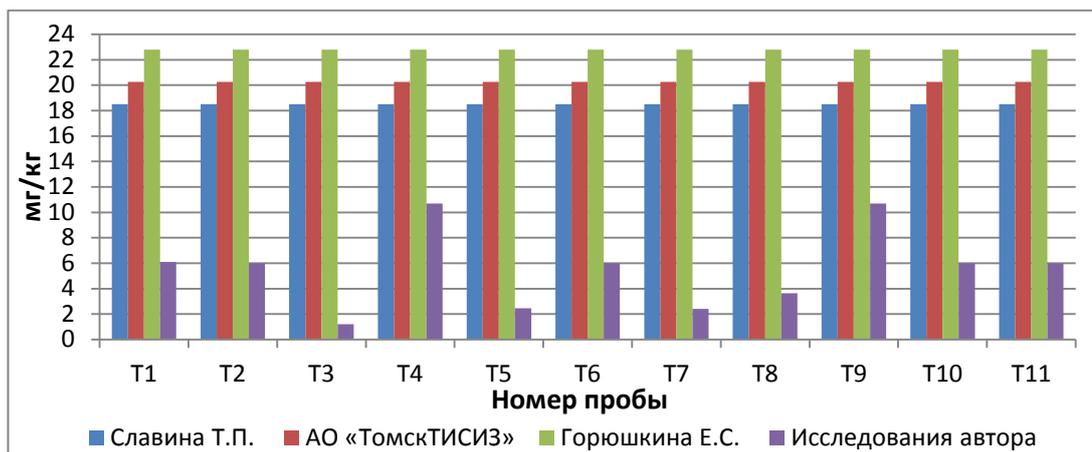


Рисунок 24 – Сравнительная характеристика содержания иона магния в грунтах по данным разных авторов

Суммарное содержание ионов натрия и калия в водных вытяжках из грунтов в пробах T3 и T11 имеет небольшие превышения над средними значениями литературных данных по Мамонтову В.Г. [29], Славиной Т.П. [29] и АО «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32], составляющие примерно от 5 до 10 мг/кг (рис. 25).

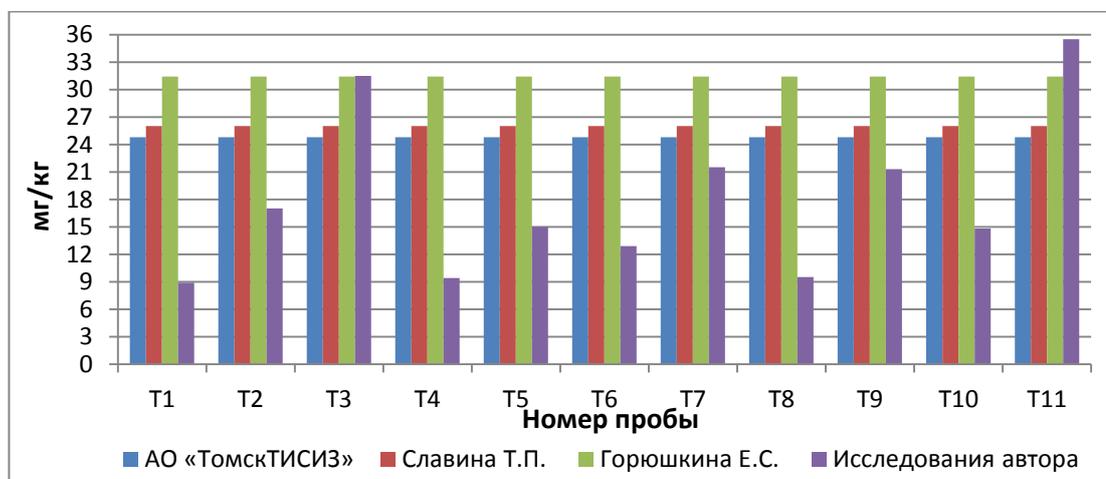


Рисунок 25 – Сравнительная характеристика суммарного содержания ионов натрия и калия в грунтах по данным разных авторов

Содержание общего железа в водных вытяжках из грунтов не превышает средние значения литературных данных (рис. 26), к которым относится показатели организации «ТомскТИСИЗ» [4; 30; 31; 32].

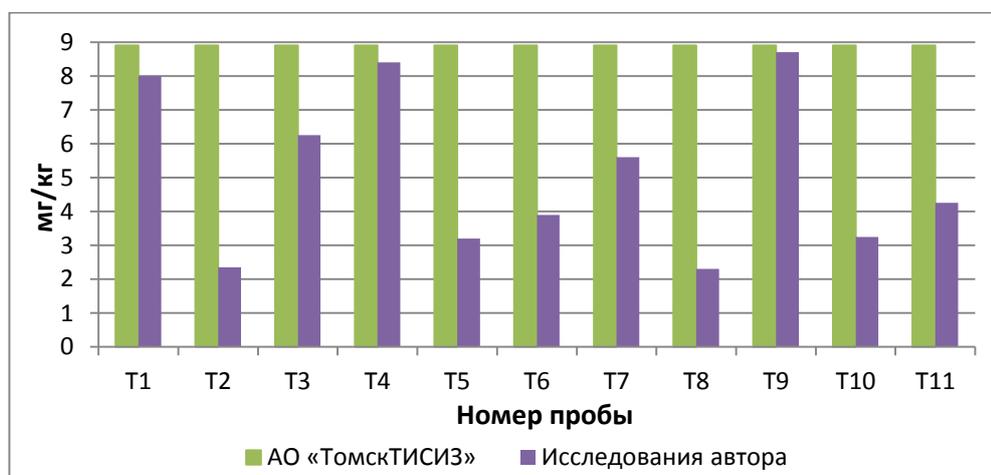


Рисунок 26 – Сравнительная характеристика суммарного содержания иона железа в грунтах по данным разных авторов

Таким образом, сравнение данных по составу грунтов исследуемой территории, полученных автором при лабораторных исследованиях в 2016 г. с литературными показало, что содержание ряда компонентов значительно различается. К ним относятся величина рН, органическое вещество, ион кальция, нитрат-ион, ион аммония, сульфат-ион и хлорид-ион. Изменение их количества в водной вытяжке из грунтов со временем объясняется проведением мелиоративных работ при ведении сельскохозяйственной деятельности. Поскольку почвы данной территории относятся к светло-серым лесным, для улучшения их плодородности ранее могло применяться известкование, что повлияло на изменение концентрации иона кальция и рН в грунте, а также внесение органических удобрений, повлиявших на изменение концентрации органического вещества, нитрат-иона и иона аммония, и аммиачных удобрений, которые так же повлияли на изменение концентрации азотосодержащих веществ а также сульфат- и хлорид-иона в изучаемой водной вытяжке из грунта.

4.3. Особенности распределения компонентов по глубине залегания грунта

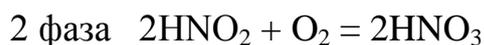
На территории бывших сельскохозяйственных угодий при проведении мероприятий по улучшению плодородия почв производится привнесение в них удобрений различного химического состава, которые в дальнейшем не могут не повлиять на изменение концентрации компонентов в грунтах, оказывающих негативное воздействие на материалы и конструкции зданий, как в приповерхностном слое, так и на глубине.

Поскольку в грунтах, как и в любой природной среде, все процессы и явления взаимосвязаны друг с другом, при рассмотрении распределения химических компонентов по глубине четко прослеживается изменение содержания одних компонентов при поступлении других в водные вытяжки. Особенности распределения ряда компонентов водных вытяжек из грунтов, вызывающих их агрессивные свойства и в свою очередь входящих в состав минеральных удобрений, которые поступают в почвы при агрохимических воздействиях, представлены на рисунках 26-31.

Согласно литературным данным [80], к основным минеральным удобрениям в первую очередь относятся азотные удобрения, представленные аммиачными формами азота. Такие удобрения включают в себя сульфат аммония, хлористый аммоний, аммиачная селитра, жидкие аммиачные удобрения (безводный аммиак, аммиачная вода, аммиакаты). В грунте аммиачные формы азота подвергаются нитрификации под влиянием нитрифицирующих бактерий, которые окисляют аммиак сначала до нитритов, затем до нитратов. Интенсивность окисления зависит от нескольких факторов, основные из которых аэрация грунтов, влажность, температура, а также реакция среды. Поскольку процесс нитрификации носит окислительный характер, он возможен лишь в аэробных условиях при влажности, соответствующей 40-70% от полной влагоемкости и температуре, находящейся в пределах от +30 до +37°C. Реакция среды наиболее подходящая для протекания процессов нитрификации при pH 6-7,5, так как в кислых грунтах

процесс задерживается, при этом известкование, которое является одним из мелиоративных процессах на серых лесных почвах, устраняет кислую реакцию, и благоприятно действует на нитрификацию [80].

Схематически процесс нитрификации можно отобразить следующим образом [80]:



Наравне с нитритами ионы аммония также подвергаются нитрификации, окисляясь под воздействием основных климатических факторов, к которым относится в первую очередь наличие кислорода в грунтах. Ион аммония попадает в почву в виде мочевины, содержащий азот в амидной форме, которая под действием фермента уреазы в грунте превращается в углекислый аммоний, распадающийся с образованием бикарбоната аммония и аммиака, который при наличии достаточного количества кислорода подвергается нитрификации [81].

Протекание данных процессов можно описать следующими реакциями:



В случае отклонения одного из этого фактора, способствующего нормальному протеканию нитрификации, например, при уменьшении количества кислорода, процесс нитрификации замедляется, и нитрат-ион переходит в ион аммония [80].

Распределение азотосодержащих компонентов в водных вытяжках исследуемых грунтов, представленных ионом аммония и нитрат-ионом, показано на рисунке 26. Из него видно, что на глубине до 5 м нитрат-ион имеет высокое значение при максимальном содержании 9,3 мг/кг, тогда, как после 5 м в грунте наблюдается преобладание азота аммонийного над нитрат-ионом. Данная взаимосвязь может быть связана с уменьшением количества кислорода с глубиной, в результате чего нитрификация проходит медленно, и как следствие количество иона-аммония увеличивается, а количество нитрат иона уменьшается. Обратная количественная взаимосвязь ионов наблюдается на

глубине 1.5 м, что может быть связано со временем отбора проб. Поскольку отбор данных проб производился в октябре-ноябре, и грунты данной территории характеризуются непромывным режимом, то под влиянием осенних осадков или талых вод, образуемых в результате наличия неустойчивого снежного покрова, нитраты опускаются в нижние горизонты грунтов.

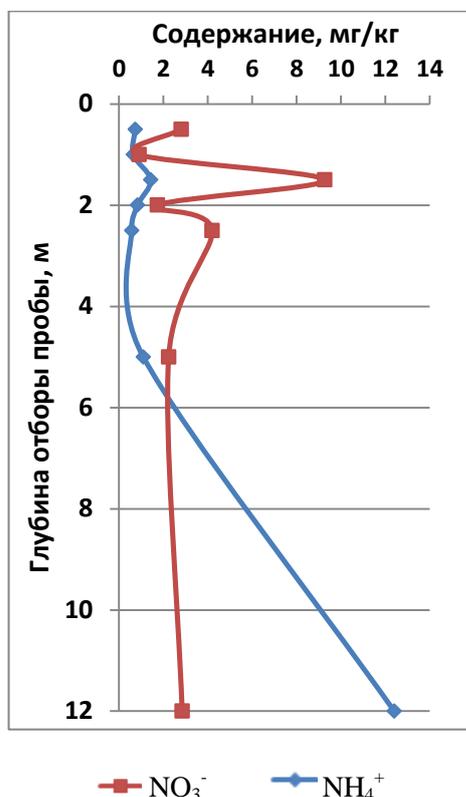


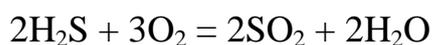
Рисунок 26 – Распределение соединений азота по глубине залегания грунтов

Сульфат-ион, входящий в состав аммиачных удобрений, довольно часто привносится в пределах серой лесной почвы при ее сельскохозяйственном возделывании в виде сульфата аммония, который в результате протекания процесса нитрификации преобразуется в азотную и серную кислоты [81]:



Полученные кислоты нейтрализуются ионами кальция, которые входят в почвенный поглощающий комплекс [82], что может обуславливать обратную зависимость концентрации кальция и сульфатов в грунте на различных глубинах (рис. 27а).

Кроме того, увеличение концентраций сульфат-иона в грунтах может быть связано с влиянием серобактерий при окислении сероводорода, который образуется в результате гниения органических удобрений [80]:



На рисунке 27б эта особенность отражается прямой зависимостью распределения содержания сульфат-иона и органического вещества в грунтах по глубине их залегания.

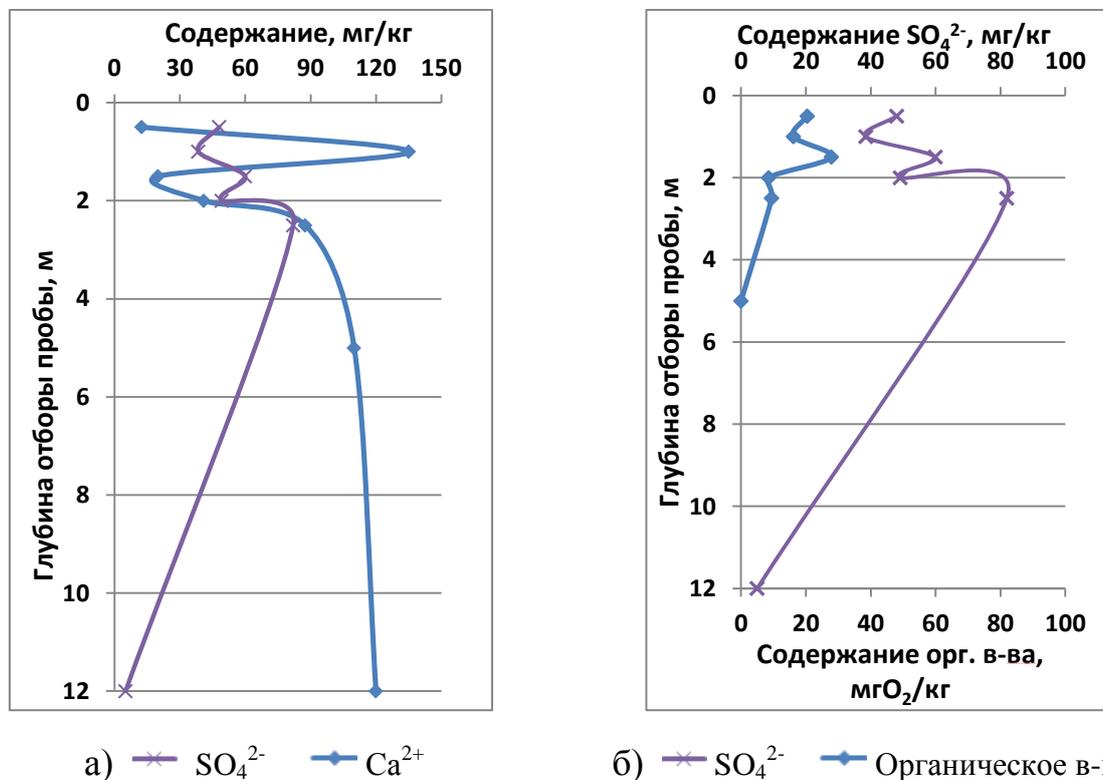


Рисунок 27 – Распределение сульфат-иона по глубине залегания грунтов.

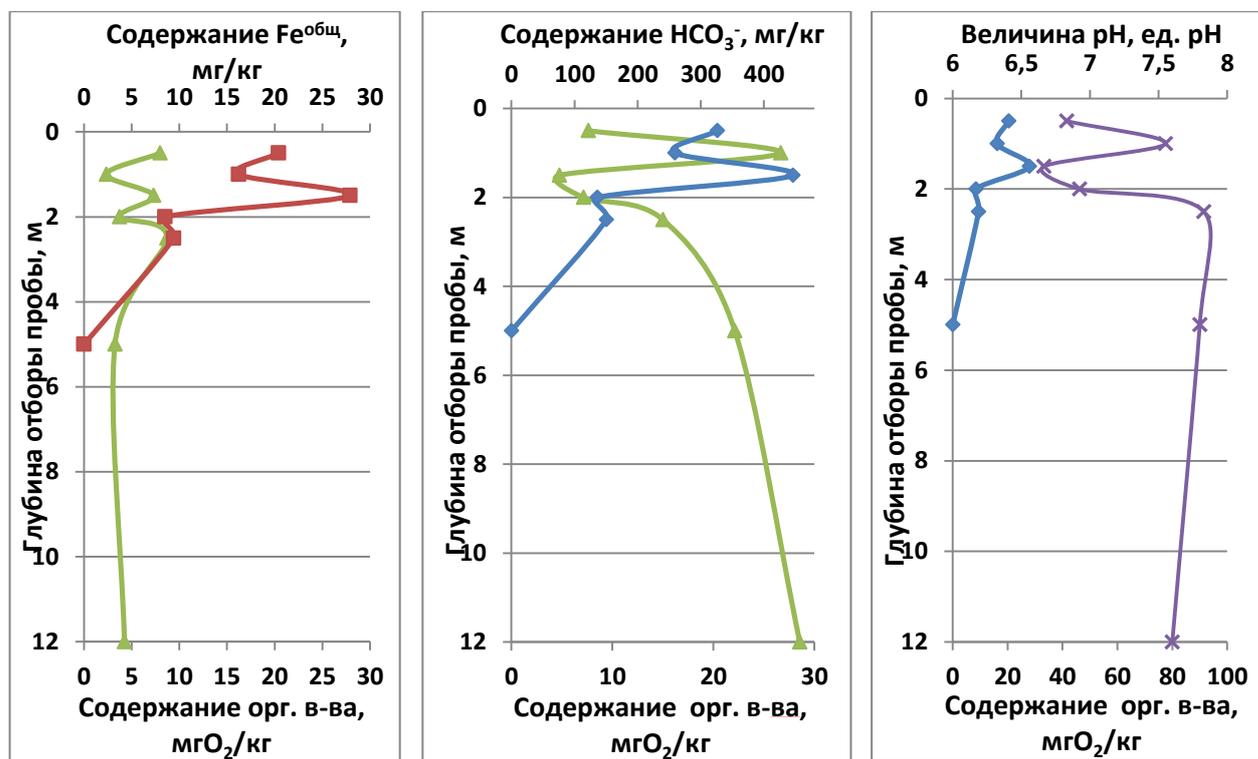
Его взаимосвязь с кальцием (а) и органическим веществом (б)

Органические минеральные удобрения, к которым относится навоз, птичий помет, навоз, торф, компосты привносят в грунт органические вещества, концентрация которых может варьировать в достаточно широких пределах [80]. От содержания органического вещества, являющегося основой для появления микроорганизмов, зависит количество железа в грунте, что связано с его переходом в окисную форму при участии микроорганизмов, которая является растворимой лишь в сильноокислой среде [83]. Данную прямо пропорциональную зависимость можно наблюдать на рисунке 28а, где с увеличением органического вещества в грунте, содержание железа увеличивается, и при уменьшении, содержание железа так же уменьшается.

Окисление микроорганизмами органического вещества, привносимого с органическими удобрениями, так же влияет на колебание его количества при

образовании углекислоты, как результата их жизнедеятельности. В зависимости от интенсивности процессов окисления органического вещества происходит колебание количества гидрокарбонатов в водной вытяжке (рис. 28б) за счет накопления в грунтах свободной двуокиси углерода с последующим растворением гидрокарбоната кальция [84]. Протекание данного процесса отчетливо видно на рисунке 28б, где при уменьшении органического вещества на глубинах 1 и 2 м происходит резкое увеличение содержания гидрокарбонат-иона, а при увеличении органического вещества на глубине 1,5 м происходит снижение его количества.

Вышеуказанная закономерность влияет также и на кислотно-основные свойства грунта [84]. Так, при окислении микроорганизмами органического вещества, и увеличении количества двуокиси углерода и гидрокарбонат-иона в нем, среда становится более кислой, в то время как при уменьшении количества органического вещества среда становится более щелочной (рис. 28в).



а) — Fe^{общ} — Орг. в-во б) — Орг. в-во — HCO₃⁻ в) — Орг. в-во — pH

Рисунок 28 – Распределение органического вещества по глубине залегания грунтов. Его взаимосвязь с железом (а), гидрокарбонат-ионом (б) и величиной pH (в)

Распространение гидрокарбонат-иона по глубине залегания грунтов так же взаимосвязано с количеством агрессивной углекислоты в них. Эта взаимосвязь проявляется в увеличении гидрокарбонат-иона при уменьшении количества агрессивной углекислоты, за счет того, что, находясь в избытке по отношению к равновесию гидрокарбонат-иона и карбоната кальция, свободная углекислота переходит в агрессивную углекислоту и вступает в реакцию с углекислым кальцием [84]:



Данную зависимость можно увидеть на рисунке 29а, где при увеличении содержания гидрокарбонат-иона как до глубины 1 м, так и с глубины 1,5 происходит взаимообратное уменьшение количества содержания агрессивной углекислоты в грунтах на данных глубинах.

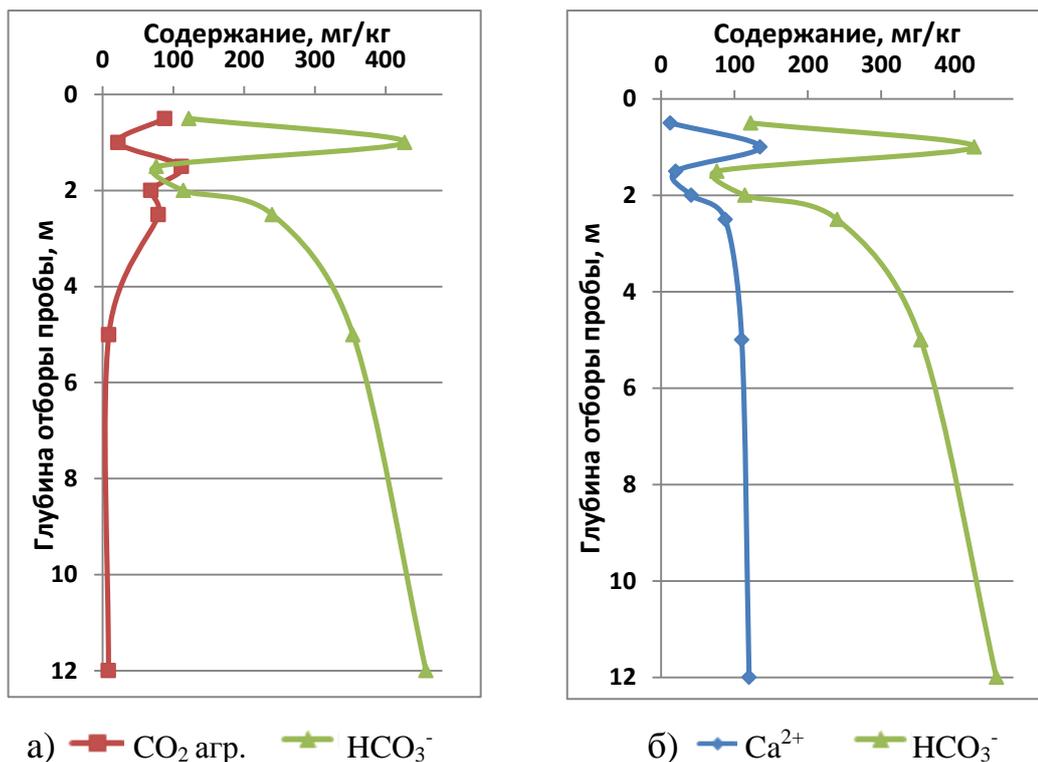


Рисунок 29 – Распределение гидрокарбонат-иона по глубине залегания грунтов.

Его взаимосвязь с агрессивной углекислотой (а) и ионом кальция(б)

В результате протекания данного процесса, наблюдается также взаимосвязь количества гидрокарбонат-иона в водной вытяжке с содержанием в ней кальция [84]. Взаимосвязь эта проявляется в повышении вытеснения ионов кальция в водный раствор с грунтов при увеличении содержания

гидрокарбонат-ионов в нем, что можно наблюдать на рисунке 29б, где при увеличении количества гидрокарбонатов на глубинах 1 м и 2,5 м происходит увеличение количества ионов кальция от четырех до десяти раз.

Еще одной особенностью нахождения кальция в водной вытяжке является зависимость его содержания от количества одновалентных катионов, таких как Na^+ и K^+ . Эта зависимость обусловлена уровнем влажности почвы и показана в работе Возбуцкой А.Е.[84]. В исследуемых водных вытяжках при увеличении содержания в них едких щелочей на глубине 1,5 м количество кальция уменьшается (рис. 30), что говорит о смещении равновесия в его сторону, и невысокой влажности почв, а на глубине 2 м наоборот, происходит резкое уменьшение содержания натрия и калия и увеличение содержания кальция, что возможно связано с ростом влажности почв на данной глубине.

Увеличение содержания суммы натрия и калия в грунтах с глубины 5 м (рис. 30) может быть обусловлено подщелачиванием почв, начинающееся в результате восстановления серноокислых солей сульфатредуцирующими бактериями в присутствии органического вещества [84].

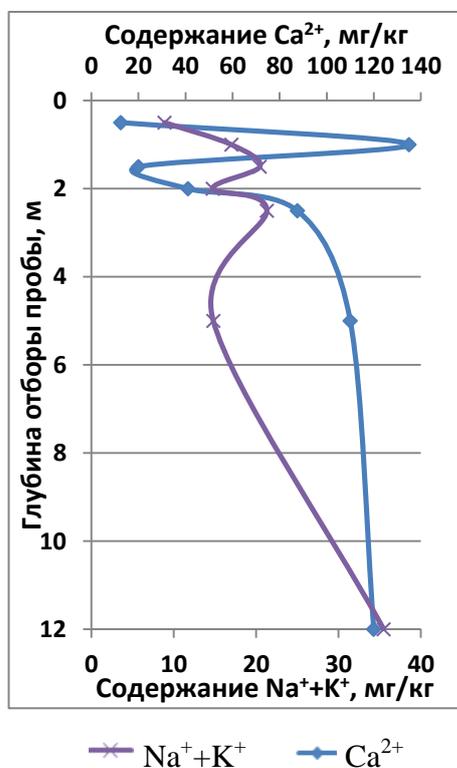


Рисунок 30 – Распределение кальция по глубине залегания грунтов. Его зависимость от калия и натрия

Наряду с натрием и калием в больших количествах из грунта вымывается магний, как при интенсивном применении орошения, так и с осадками, что связано с его достаточно высокой растворимостью [84]. Это и могло стать причиной невысоких концентраций данного компонента в грунтах, что прослеживается на рисунке 31а. Проанализировав распределение магния по глубине залегания грунтов, можно сказать, что на глубине 2 м может присутствовать геохимический барьер, в результате которого с глубины двух до глубины примерно 2,5 м происходит резкое увеличение содержания магния. Та же закономерность прослеживается на примере хлора (рис. 31б), содержание которого с глубины 2 м до глубины 2,5 м увеличивается более чем 3 раза.

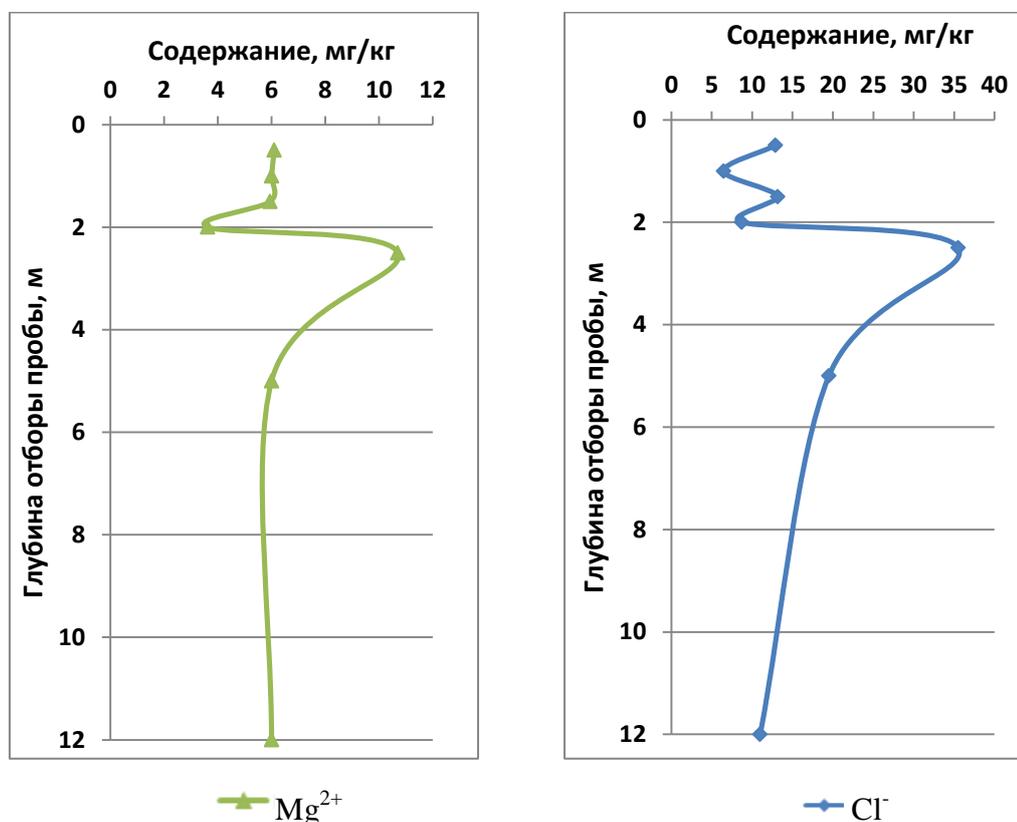


Рисунок 31 – Распределение магния (а) и хлорид-иона (б) по глубине залегания грунтов

На количество хлорид-иона в почвах сельскохозяйственных угодий, и его распределение с глубиной так же активно влияет привнос калийных удобрений (хлористый калий, сернокислый калий и др.) [80], поскольку при добавлении хлористого калия происходит химическая реакция с образованием

хорошо растворимого хлорида кальция [83]. Это может послужить причиной колебания хлора на глубинах от 0,5 до 2 м (рис. 31б).

Таким образом, все компоненты состава водной вытяжки имеют неравномерное распределение с глубиной, что связано как с антропогенным фактором – привнесением удобрений в целях повышения плодородия почвы, так и с естественными условиями, которые заключаются в особенностях природных условий территории и взаимодействии компонентов почв друг с другом.

4.4. Химический состав и агрессивность подземных вод на территории п. Зональная Станция

Для оценки агрессивности геологических сред бывших сельскохозяйственных угодий на территории п. Зональная Станция наряду с изучением состава водной вытяжки из грунта исследован химический состав подземных вод данного участка.

Изучение состава подземных вод производилось по результатам опробования вод из пяти скважин отобранной с глубины от 1,0 до 5,7 м. Расположение мест отбора проб воды представлено на рисунке 15. В составе подземных вод изучено содержание соединений азота, карбонатной системы, органического вещества, сульфат-, хлорид-иона, едких щелочей, ионов кальция, магния, аммония и железа, а также величина рН и удельная электрическая проводимость. Содержание указанных компонентов состава вод представлено в таблице 19.

Анализ данных по химическому составу вод показал, что подземные воды данной территории являются преимущественно собственно пресными с минерализацией от 270 до 600 мг/л. По величине рН подземные воды п. Зональная Станция относятся как к нейтральным, так и к слабощелочным, с преобладанием последних. По степени жесткости эти воды относятся в основном к жестким.

Таблица 19 – Результаты химического анализа подземных вод территории

п. Зональная станция

Компонент Номер пробы**	Содержание, мг/л				
	T1	T2	T3	T4	T5
Глубина отбора пробы, м	1,0	2,5	2,5	4,5	5,7
pH, ед. pH	7,53	7,12	7,46	7,6	7,52
УЭП, мкСм/см	632	244	631	600	622
Органическое вещество*, мгО/л	4,16	2,13	3,38	3,84	1,65
NO ₃ ⁻	0,23	0,34	0,16	0,17	0,43
CO ₂ ^{св}	23,8	27,7	30,8	18,9	24,2
HCO ₃ ⁻	445,3	160	445	415	382
CO ₃ ²⁻	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
SO ₄ ²⁻	<2,0	27,7	<2,0	<2,0	44,2
Cl	7,0	11,5	6,9	5,5	6,6
ОЖ, °Ж	6,1	2,9	7,5	5,4	6,1
Ca ²⁺	115	37,5	115	108	90
Mg ²⁺	15,2	12,4	15,2	14,6	19
Na ⁺ +K ⁺	15,2	17,7	14,9	13,3	27,7
NH ₄ ⁺	3,2	0,53	3,25	3,1	1,4
Fe ^{общ}	7,02	2,27	7,53	6,6	41,9
CO ₂ агрессивная	<3,0	17,6	<3,0	<3,0	<3,0
Минерализация по сумме солей	598	267	597	556	570

*по величине перманганатной окисляемости;

**номер пробы присвоен в произвольном порядке без привязки к номеру скважины в соответствии с требованием организации, предоставившей фактические данные.

По химическому типу воды являются гидрокарбонатными кальциевыми и в единичном случае магниевыми-кальциевыми. Формула солевого состава этих вод (формула Курлова) представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Формула Курлова подземных вод территории п. Зональная Станция

Номер пробы	Формула Курлова	Химический тип воды
T1	HCO ₃ 97 Cl 3 M 0,6-----pH 7,46 Ca 76 Mg 16 Na 7 K 1	Гидрокарбонатная кальциевая
T2	HCO ₃ 75 SO ₄ 16 Cl 9 M 0,3-----pH 7,12 Ca 52 Mg 28 Na 19 K 1	Гидрокарбонатная магниевыми-кальциевая
T3	HCO ₃ 97 Cl 3 M 0,6-----pH 7,46 Ca 76 Mg 16 Na 7 K 1	Гидрокарбонатная кальциевая
T4	HCO ₃ 98 Cl 2 M 0,6-----pH 7,6 Ca 76 Mg 17 Na 7 K 1	Гидрокарбонатная кальциевая
T5	HCO ₃ 85 SO ₄ 12 Cl 3 M 0,6-----pH 7,52 Ca 62 Mg 22 Na 15 K 1	Гидрокарбонатная кальциевая

Органическое вещество в исследованных подземных водах присутствует в количестве до 4 мг/л. Наименьшим содержанием данное вещество

характеризуется в Т5, где оно составляет 1,65 мг/л, что может быть связано с интенсивностью развития процессов окисления органического вещества.

Количество азотосодержащих компонентов варьируется в зависимости от скорости протекания процесса нитрификации, который в данном случае развивается достаточно медленно. Это можно видеть исходя из превышения в каждой из проб количества иона аммония, которое варьирует от 1,0 до 3,0 мг/л, над нитрат-ионами, количество которых в среднем составляет 0,2-0,4 мг/л.

Компоненты карбонатной системы тесно взаимосвязаны между собой, о чем говорит уровень их содержания в каждой точке. Так, количество карбонат-иона достаточно низкое и повсеместно составляет менее 3 мг/л. Двуокись углерода находится на уровне 19-31 мг/л. Гидрокарбонат-ион в среднем составляет 400-450 мг/л, за исключением Т2, где его количество уменьшается до 160 мг/л. Содержание двуокиси углерода агрессивной в данной точке также отличается от средних величин, составляющих менее 3 мг/л, и находится на уровне 18 мг/л, что может привести к возникновению агрессивности подземных вод по отношению к бетону. Количество агрессивной углекислоты в Т2 может быть связано с наличием избытка свободной двуокиси углерода по отношению к равновесию гидрокарбонат-иона и карбоната кальция, который при смещении равновесия переходит в агрессивную углекислоту.

В среднем на территории количество сульфат-иона составляет менее 2 мг/л, однако в 2-х точках наблюдения отмечается его повышенное содержание, что может быть связано с его поступлением в воды от антропогенного источника, например строительного мусора, и сельскохозяйственных удобрений, или в результате взаимодействия подземных вод с грунтами.

Во второй точке опробования количество как хлорид-иона, содержание которого в среднем составляет 5,5-7,0 мг/л, так и иона кальция, который содержится в подземных водах в количестве около 100 мг/л, сильно изменяется по отношению к средним значениям исследуемой территории. Так, хлорид-ион в данной точке увеличивается в 2 раза, что может обуславливаться как

антропогенным вмешательством, например с приносом калийных удобрений, так и воздействием на подземные воды грунтов, в которых они протекают. Ион кальция же в Т2 наоборот, уменьшает, более чем в 3 раза, что может быть связано с воздействием агрессивной углекислоты.

Количество иона магния достаточно равномерно распределено по всем точкам наблюдения, и уровень его содержания не колеблется по глубине залегания грунтов.

При анализе содержания едких щелочей в подземных водах наблюдается превышение ионов натрия и калия в Т5 над средним значением почти в 2 раза, что может быть связано с приносом химических элементов в подземные воды с грунтов, в которых они находятся.

Наряду с ионами калия и натрия, количество иона железа в Т5 также превышено, и превышение составляет более чем в 5 раз, что может говорить о загрязнении антропогенного характера, например, приносе удобрений, которые попав в грунт через некоторый промежуток времени опустились на глубину почти 6 м.

Рассмотренное содержание коррозионноактивных компонентов подземных вод наряду с содержанием компонентов грунта способствует развитию процессов разрушения различных конструкций и сооружений. В связи с этим, необходимо рассмотреть их агрессивность по отношению к таким материалам, как бетон, свинцовая и алюминиевая оболочка кабеля.

Оценка коррозионной активности подземных вод проведена на основе сопоставления фактических данных состава исследуемых вод с нормативными по ГОСТ 9.602-2005 [58] таблицы 3 для свинцовой оболочки кабеля, таблицы 5 для алюминиевой оболочки кабеля. Оценка агрессивности вод по отношению к бетону проведена по данным таблиц В.3, В.4, В.5 СП 28.13330.2017 [42].

Степень агрессивности подземной воды по отношению к бетону представлена в таблице 23, по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочке кабеля в таблицах 21 и 22 соответственно.

Таблица 21 – Коррозионная агрессивность подземных вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля (по ГОСТ 9.602-2005 [58], ГОСТ 9.602-2016 [43])

Номер пробы	Степень агрессивности в зависимости от содержания компонента состава подземных вод				Степень агрессивности подземной воды
	pH, ед. pH	Общая жесткость, °Ж	Органическое вещество, мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	
T1	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя
T2	Низкая	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая
T3	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T4	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя
T5	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя

Таблица 22 – Коррозионная агрессивность подземных вод по отношению к алюминиевой оболочке кабеля (по ГОСТ 9.602-2005 [58], ГОСТ 9.602-2016[43])

Номер пробы	Степень агрессивности в зависимости от содержания компонента состава подземных вод			Степень агрессивности подземной воды
	pH, ед. pH	Cl ⁻ , мг/л	Fe ^{общ} , мг/л	
T1	Средняя	Средняя	Низкая	Средняя
T2	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя
T3	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя
T4	Средняя	Средняя	Низкая	Средняя
T5	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая

Таблица 23 – Коррозионная агрессивность подземных вод по отношению к бетону (по СП 28.13330.2017 [42])

Степень агрессивности в зависимости от содержания компонента состава подземных вод	Номер пробы				
	T1	T2	T3	T4	T5
HCO ₃ ⁻ , мг-экв/л	—*	—*	—*	—*	—*
pH, ед. pH	—*	—*	—*	—*	—*
CO ₂ агр., мг/л	—*	Низкая	—*	—*	—*
Mg ²⁺ , мг/л	—*	—*	—*	—*	—*
NH ₄ ⁺ , мг/л	—*	—*	—*	—*	—*
Na ⁺ +K ⁺ , мг/л	—*	—*	—*	—*	—*
SO ₄ ²⁻ , мг/л	—*	—*	—*	—*	—*
Cl ⁻ , мг/л	—*	—*	—*	—*	—*
Степень агрессивности подземной воды	Неагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная	Неагрессивная	Неагрессивная

*— компонент, входящий в состав подземной воды является неагрессивным по отношению к бетону

Сравнительный анализ данных по содержанию коррозионноактивных компонентов состава вод с нормативными данными показал, что воды имеют преимущественно среднюю степень агрессивности по отношению, как к алюминиевой, так и к свинцовой оболочке кабеля. Исключение составляет в первом случае Т2, во втором Т5, где наблюдается высокая степень агрессивности.

Повышенная агрессивность подземных вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля связано в первую очередь с уровнем величины рН в них. Высокие значения агрессивности вод наблюдаются в связи с невысоким количеством величины общей жесткости во второй точки наблюдения.

Средняя степень агрессивности подземных вод по отношению к алюминиевой оболочке кабеля связана с величиной рН, которая находится в пределах от 7,5 до 8,5 ед. рН, а также с количеством хлорид-иона, содержание которого превышает нормированное значение 5мг/л. Высокая степень агрессивности, наблюдаемая в одной точке связано с повышенным содержанием в пробе воды количества иона железа, составляющего более 10 мг/л.

Подземные воды по отношению к бетону в целом характеризуется как неагрессивные, за исключением Т2, где воды относятся слабоагрессивным, что связано с наличием агрессивной углекислоты в данной точке.

5. Агрессивность грунтов (водной вытяжки из грунта) застраиваемой территории

Оценка агрессивности водной вытяжки из грунтов на застраиваемой территории производится по отношению к бетону, свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля, т.к. эти материалы наиболее часто используются при строительстве зданий и сооружений различного функционального назначения. Определение степени агрессивности проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602-2005 [58], ГОСТ 9.602-2016 [43], СП 28.13330.2017 [42].

Используя фактические данные по составу водной вытяжки из грунта исследуемой территории, представленные в работе ранее (п. 4.1.) проведена оценка степени их агрессивности. Результаты по степени агрессивности водной вытяжки из грунта по отношению к бетону представлен в таблице 26, по отношению к свинцовой оболочке кабеля в таблице 24 и по отношению к алюминиевой оболочке кабеля в таблице 25.

Таблица 24 – Коррозионная агрессивность водных вытяжек из грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабеля (по ГОСТ 9.602-2005 [58], ГОСТ 9.602-2016 [43])

Номер пробы	Степень агрессивности в зависимости от содержания компонента состава грунта			Степень агрессивности грунта
	pH, ед. pH	Органическое вещество, % от массы воздушно-сухой пробы	NO ₃ ⁻ , % от массы воздушно-сухой пробы	
T1	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя
T2	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
T3	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая
T4	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя
T5	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T6	Средняя	-	Средняя	Средняя
T7	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя
T8	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя
T9	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя
T10	Средняя	-	Средняя	Средняя
T11	Средняя	-	Средняя	Средняя

Таблица 25 – Коррозионная агрессивность водных вытяжек из грунтов по отношению к алюминиевой оболочке кабеля (по ГОСТ 9.602-2005 [58], ГОСТ 9.602-2016 [43])

Номер пробы	Степень агрессивности в зависимости от содержания компонента состава грунта			Степень агрессивности грунта
	рН, ед. рН	СГ, % от массы воздушно-сухой пробы	Fe ^{общ} , % от массы воздушно-сухой пробы	
T1	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T2	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
T3	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T4	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T5	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T6	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
T7	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
T8	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
T9	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
T10	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
T11	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя

Оценка степени агрессивности исследуемых грунтов к различным материалам при сравнительном анализе значений нормативно установленных параметров с их количеством в исследуемых образцах показала, что данные образцы грунтов имеют наиболее высокую степень агрессивности по отношению к свинцовой оболочке кабеля, что обуславливается в первую очередь высоким содержанием в них нитрат-иона, а также повышенным уровнем величины рН.

По отношению к алюминиевой оболочке кабеля в различных точках опробования почва проявляет себя как слабоагрессивной так и среднеагрессивной, с преобладанием последнего. В данном случае проявляющая агрессивность связана с показателем рН.

По отношению к бетону в зависимости от его марки грунт может быть как неагрессивный, так и слабоагрессивный. Основными параметрами, влияющими на степень агрессивности грунта, по отношению к бетону является агрессивная уголекислота, а также уровень величины рН, и низкое количество гидрокарбонат-иона в химическом составе водной вытяжки из грунта.

Таблица 26 – Коррозионная агрессивность водных вытяжек из грунтов по отношению к бетону

(по СП 28.13330.2017 [42])

Номер пробы	Степень агрессивности в зависимости от содержания компонента состава грунта								Степень агрессивности грунта
	HCO_3^- , мг-экв/кг	рН, ед. рН	CO_2 агр., мг/кг	Mg^{2+} , мг/кг	NH_4^+ , мг/кг	$\text{Na}^+\text{+K}^+$, мг/кг	SO_4^{2-} , мг/кг	Cl, мг/кг	
T1	—*	Низкая	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T2	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	Неагрессивная
T3	Низкая	Низкая	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T4	—*	—*	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T5	Низкая	Низкая	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T6	Низкая	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T7	Низкая	—*	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T8	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	Неагрессивная
T9	—*	—*	Низкая	—*	—*	—*	—*	—*	Низкая
T10	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	Неагрессивная
T11	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	Неагрессивная

* – компонент водной вытяжки из грунта является неагрессивным по отношению к бетону

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ61	Михайлова Елена Андреевна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	ССН-93, вып. 7; ССН-93 вып.1 ч. 1; ССН-93 вып. 5; СНОР-95, вып. 7; СБЦ-99.
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс РФ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Анализ затрат времени на производство полевых, лабораторных и камеральных работ для исследования агрессивности водных вытяжек из грунта бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция Томского района
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Расчет стоимости проведения полевых, лабораторных и камеральных работ для исследования агрессивности водных вытяжек из грунта бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция Томского района
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет общей сметы проведения полевых, лабораторных и камеральных работ для исследования агрессивности водных вытяжек из грунта бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция Томского района

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Структура сметной стоимости на проведение работ по изучению агрессивности водных вытяжек из грунта бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция Томского района</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.18
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Макашева Ю.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ61	Михайлова Елена Андреевна		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основной целью магистерской диссертации является изучение агрессивности геологической среды (водной вытяжки из грунта) бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция (Томский район), отведенной под строительство зданий, по содержанию коррозионноактивных водорастворимых компонентов состава грунта, претерпевшего агрогенные воздействия.

Для осуществления поставленной цели было необходимо выполнить следующие основные задачи:

- ✓ произвести приготовление водной вытяжки из грунтов, и ее химический макро- и микрокомпонентный анализ;
- ✓ выполнить камеральную обработку данных и оформить отчет.

В ходе проведения работ было пробурено 7 скважин, и взято 11 проб с глубины от 0,5 до 12 м.

В данной части выпускной квалификационной работы представлена сметная стоимость проведения основных работ, которые могут быть поделены на лабораторные и камеральные, и работу контрагентов, в которое входит полевое опробование.

Сметная стоимость составлена с использованием следующих нормативно-правовых документов:

- ✓ Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1993 год, выпуск 7 [85], выпуск 1 часть 1 [86], выпуск 5 [87] (ССН-93, вып. 7, вып. 1 ч. 1, вып. 5);
- ✓ Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы за 1995 год, выпуск 7 (СНОР-95, вып. 7) [88];
- ✓ Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ-99) [89].

6.1. Расчет затрат времени, труда, материалов, оборудования и стоимости основных выполняемых работ

В основу работы положены виды и объемы работ, представленные в таблице 27.

Таблица 27 – Виды и объемы проектируемых работ

№ п/п	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед.изм.	Кол-во		
1	<i>Лабораторные исследования</i>				
1.1	Приготовление водной вытяжки из грунтов	шт.	11	Приготовление водной вытяжки в лаборатории	Лабораторное оборудование
1.2	Анализ водной вытяжки	шт.	11	Анализ водной вытяжки в лаборатории	Лабораторное оборудование
2	<i>Камеральная обработка</i>				
2.1	Камеральная обработка данных	%	100	Компьютерная обработка материала	ПЭВМ

6.1.1. Лабораторные работы

Расчет затрат времени произведен по единым нормам времени в соответствии с СН-93 [86].

Расчет затрат времени (N_i) по каждому виду работ:

$$N_i = N_{Вр} * K * V_i, \quad (1)$$

V_i - объем работ, проба;

$N_{Вр}$ – норма времени на выполнение единицы проектируемых работ, час;

K - коэффициент за ненормализованные условия

Затраты времени на производство лабораторных работ представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет затрат времени на производство лабораторных работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Кэф.т	Нормативный документ СН 93, вып. 7 [85]	Итого
		Ед.изм	Кол-во				
1.	Лабораторные исследования						
1.1	Приготовления водной вытяжки	шт.	11	0,37	1	табл. 1.3	4,07
1.2	Химический анализ водной вытяжки						

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Коеф.т	Нормативный документ ССН 93, вып. 7 [85]	Итого
		Ед.изм	Кол- во				
1.2.1	рН	шт.	11	0,15	1	табл. 1.3	1,65
1.2.2	Удельная электрическая проводимость (УЭП)	шт.	11	0,19	1	табл. 1.3	2,09
1.2.3	Органическое вещество	шт.	11	0,14	1	табл. 1.3	1,54
1.2.4	Нитрат-ион	шт.	11	0,11	1	табл. 1.3	1,21
1.2.5	Двуокись углерода	шт.	11	0,04	1	табл. 1.3	0,44
1.2.6	Гидрокарбонат- ион и карбонат	шт.	11	0,13	1	табл. 1.3	1,43
1.2.7	Сульфат-ион	шт.	11	0,1	1	табл. 1.3	1,1
1.2.8	Хлорид-ион	шт.	11	0,24	1	табл. 1.3	2,64
1.2.9	Общая жесткость	шт.	11	0,16	1	табл. 1.3	1,76
1.2.10	Ион кальция	шт.	11	0,1	1	табл. 1.3	1,1
1.2.11	Ион магния	шт.	11	0,1	1	табл. 1.3	1,1
1.2.12	Ионы натрия и калия	шт.	11	0,59	1	табл. 1.3	6,9
1.2.13	Ион аммония	шт.	11	0,1	1	табл. 1.3	1,1
1.2.14	Железо общее	шт.	11	0,05	1	табл. 1.3	0,55
1.2.15	Агрессивная углекислота	шт.	11	0,14	1	табл. 1.3	1,54
Итого:							29,81

Затраты труда при приготовлении водной вытяжки и ее анализе в аналитической химической лаборатории представлен в таблице 29.

Таблица 29 – Затраты труда по химической аналитической лаборатории (согласно ССН, выпуск 7, табл. 1.5 [85])

№ п/п	Наименование должностей и профессий	Количество человек на лабораторию	Значение нормы, человеко- месяц
1	Начальник лаборатории	1	0,03
2	Лаборант химического анализа	1	0,15
	Итого	2	0,18

Для оценки агрессивности грунтов производилось приготовление и анализ водной вытяжки на компоненты, цены которых указаны в таблице 30. Перечень определяемых компонентов сформирован на основе СП 28.13330.2017 [42], ГОСТ 9.602-2005 [58] и ГОСТ 9.602-2016 [43].

Таблица 30 – Цены на проведение химического анализа макро- и микрокомпонентного состава водной вытяжки из грунтов (в соответствии с СБЦ-99 [89])

№ п/п	Виды анализа	Ед-ца измерения	Стоимость работ, руб	НДС (18%)	Итого, руб
1	УЭП	проба	70	34,2	224,2
2	Водородный показатель (рН)	проба	20	37,98	248,98
3	Органическое вещество	проба	56	55,98	366,98
4	Нитрат-ион	проба	35	57,6	377,6
5	Двуокись углерода	проба	31	46,44	304,44
6	Гидрокарбонат-ион	проба	26	58,32	382,32
7	Карбонат-ион	проба	30	21,06	138,06
8	Сульфат-ион	проба	74	57,96	379,96
9	Хлорид-ион	проба	31	65,88	431,88
10	Общая жесткость	проба	45	42,12	276,12
11	Ион кальция	проба	108	42,12	276,12
12	Ион магния	проба	20	27	177
13	Ион калия	проба	48	68,4	448,4
14	Ион натрия	проба	48	63,36	415,36
15	Ион аммония	проба	88	30,24	198,24
16	Ион железа	проба	41	80,1	525,1
17	Агрессивная углекислота	проба	55	46,44	304,44
18	Минерализация	проба	80	18	118
19	Обработка результатов анализа	проба	200	54	354
20	Приготовление водной вытяжки	проба	38		
Итого			1106	199,08	1305,08

Согласно СБЦ -99 [89], ценами на проведение химического анализа макро- и микрокомпонентного состава учтены затраты на амортизацию оборудования, использование материалов, обработку результатов анализа, а также на все виды работ по подготовке проб и образцов к лабораторным анализам, включая приготовление водной вытяжки из грунта.

Расчет стоимости проведения лабораторных работ произведен в соответствии с вышеприведенными данными, и оформлен в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет стоимости проведения лабораторных работ

Вид работ	Объем		Стоимость, руб.	Итого руб.
	Ед. измерения	Кол-во		
Приготовление водной вытяжки из грунтов и проведение ее макро- и микрокомпонентного химического анализа	шт.	11	1305,08	14355,88

6.1.2. Камеральные работы

В состав камеральных работ входят работы по составлению таблицы и отчета по результатам лабораторных исследований с использованием машинописного ввода информации.

В соответствии с формулой (1) произведен расчет затрата времени по единым нормам времени в соответствии с ССН-93 [86] на выполнение камеральных работ (табл. 32).

Таблица 32 – Расчет затрат времени на производство камеральных работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Коэф.т	Нормативный документ ССН 93, вып. 1, часть 1 [86]	Итого
		Ед.изм	Кол-во				
1.	Камеральные работы						
1.1	Камеральная обработка данных	шт.	11	2,83	0,9*	табл. 42	28,02

* согласно п. 108, ССН 93, вып. 1, часть 1

Согласно СБЦ-99 [89] г. расценки камеральных работ лабораторных исследований составляют 15% от стоимости лабораторных работ.

Следовательно, затраты на камеральные работы составляют 2153,38 руб.

6.2. Контрагентские расходы

Контрагентские расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е. работы и услуги, выполняемые сторонними предприятиями и организациями, а также работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями.

В качестве дополнительных расходов были приняты расходы на проведение буровых работ с опробованием.

Согласно формуле (1) произведен расчет затрата времени на выполнение буровых работ (табл. 33) в соответствии с ССН-93 [87].

Таблица 33 – Расчет затрат времени на производство буровых работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Коэф.т	Нормативный документ ССН 93, вып. 5 [3]	Итого
		Ед.изм	Кол-во				
1.	Буровые работы						
1.1	Бурение скважин и отбор проб	шт.	11	0,07	1	табл. 5	0,77

Калькуляция стоимости проведения буровых работ с отбором проб произведена в соответствии с СБЦ-99 [89], и представлена в таблице 34.

Таблица 34 – Расчет стоимости проведения буровых работ и отбора проб

Вид работ	Объем		Стоимость с учетом НДС, руб.	Итого, руб.
	Ед. измерения	Кол-во		
Бурение скважин	шт.	7	2500	27500
Отбор проб грунта	шт.	11	330	3630
Итого				31130

6.3. Расчет затрат на оплату труда и отчислений на различные социальные нужды

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 35.

Таблица 35 – Основная заработная плата (за месяц)

№ п/п	Наименование должностей	Кол-во человек	Оклад, руб	Районный коэф-т (для Томска)	Итого зарплата, руб
1.	Начальник лаборатории	1	26000	1,3	33800
3.	Лаборант химического анализа	1	15000	1,3	19500
4.	Техник-геолог (пробоотборщик)	2	27000	1,3	70200
Итого					123500

Отчисления на социальные нужды, в пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и фонд страхования от несчастных случаев производятся в соответствии с Налоговым кодексом РФ ч.2 раздел 11, гл. 34, ст. 425 [90] и представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Отчисления на социальные нужды (за месяц)

№ п/п	Вид отчисления	Общая сумма зарплаты, руб	Ставка отчисления, %	Итого по каждому виду отчисления, руб
1.	Пенсионный фонд	166400	22	36608
2.	Фонд социального страхования		2,9	4852,6
3.	Фонд обязательного медицинского страхования		5,1	8486,4
4.	Фонд страхования от несчастных случаев		1	1664
Итого				382585

6.4. Общая сметная стоимость

Рассчитанная общая сметная стоимость выпускной квалификационной работы представлена в таблице 37.

Таблица 37 – Сметные нормы по статьям основных расходов

Статьи расхода	Сметная стоимость, руб	Источник принятой нормы
Лабораторные работы	14355,88	СБЦ-99
Камеральные работы	2153,38	СБЦ-99
Контрагентские расходы	31130	СБЦ-99
Основная заработная плата	123500	
Отчисления на социальные нужды	38285	Налоговый кодекс РФ
Итого основные расходы	209,424,3	
Прочие накладные расходы, 16%	33507,88	
Всего	242932,1	

Структура сметной стоимости основных расходов на изучение агрессивности водной вытяжки из грунта бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция представлена на рисунке 32.



Рисунок 32 – Структура сметной стоимости на проведение изучения агрессивности водной вытяжки из грунта

Таким образом, общая сметная стоимость на проведение работ по изучению агрессивности водной вытяжки из грунта бывшей сельскохозяйственной территории п. Зональная станция составляет 242923,1 рубля, в том числе заработная плата основных исполнителей работ начальника лаборатории, лаборанта химического анализа, техников-геологов составляет 123 500 рублей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ61	Михайловой Елене Андреевна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

– *Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения*

Объектом исследования являются водные вытяжки из грунтов, отобранных в пределах Зонального сельского поселения, изучаемые в аналитической химической лаборатории с целью оценки агрессивного воздействия данных грунтов по отношению к зданиям и сооружениям.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

В результате проектируемой производственной деятельности выявлены следующие вредные факторы:

- утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- отклонение параметров микроклимата в помещении;
- степень нервно-эмоционального напряжения;
- повышенный уровень электромагнитного и ионизирующего излучений.

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

В результате проектируемой производственной деятельности выявлены следующие опасные факторы:

- электрический ток;
- пожароопасность.

3. Охрана окружающей среды:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

Единственный вид потенциального воздействия на окружающую среду – воздействие на атмосферу. Рассматриваемый объект не имеет значительного воздействия на гидросферу и литосферу.

<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>В условиях работы в помещении к возможным ЧС относится:</p> <ul style="list-style-type: none"> - возникновение пожара; - обрушение здания; - наводнение.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>В соответствии со ст. 212 Трудового кодекса РФ обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, возлагаются на работодателя, который обязан обеспечить соответствующие условия труда на каждом рабочем месте, режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством, и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООДШБИП	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ61	Михайлова Е.А.		

7. Социальная ответственность

Данный раздел магистерской диссертации направлен на выявление знаний в сфере ведения профессиональной деятельности с учётом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, а также на способность нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость устойчивого развития [91].

Согласно ГОСТ Р ИСО 26000-2012 [92], социальная ответственность – это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое: содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества; учитывает ожидания заинтересованных сторон; соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения; интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Целью работы является изучение изменения коррозионноактивных водорастворимых компонентов состава грунтов в водной вытяжке в следствии агрогенного влияния на них и оценка агрессивного воздействия данных грунтов по отношению к зданиям и сооружениям. Для достижения цели приготавливались водные вытяжки из грунтов, и производился их химический анализ на основные компоненты (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , pH, $\text{CO}_2^{\text{св}}$, CO_2 агрессивная, общая жесткость, органическое вещество, удельная электрическая проводимость), после чего производилась камеральная обработка данных.

Процесс приготовления водных вытяжек из грунтов и их химический анализ производились в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ. Камеральные исследования производились в кабинете самостоятельной работы студентов инженерной школы природных ресурсов, который расположен в 513 аудитории 20 корпуса НИ ТПУ.

7.1. Профессиональная социальная безопасность

На основе запроектированных работ выявлены источники потенциальной опасности, выделение которых проведено в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [93]. Источники опасности разделены на виды опасных и вредных факторов, соответствующие каждому виду работ (табл.39).

Таблица 39 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ (согласно с ГОСТ 12.0.003-2015 [93])

Этапы работ	Наименование видов работ	Факторы (согласно с ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
Лабораторный	1. Приготовление водных вытяжек из грунтов	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 3. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу.	1. Электрический ток; 2. Пожароопасность.	ГОСТ Р 12.1.019-2009[94] ПНД Ф 12.13.1-03[95] ГОСТ 12.1.004-91[96] ГОСТ 12.1.007-76[97] СанПиН 2.2.4.548-96[98] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[99] ГОСТ 12.1.005-88 [100]
	2. Проведение химического анализа водных вытяжек			
Камеральный	Обработка и изучение полученных результатов анализа водных вытяжек	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Степень нервно-эмоционального напряжения; 3. Отклонение параметров микроклимата в помещении; 4. Повышенный уровень электромагнитного и ионизирующего излучений.	1. Электрический ток; 2. Пожароопасность.	ГОСТ 30494-2011[101] СанПиН 2.2.2./2.4. 1340-03[102] ГОСТ Р 12.1.019-2009[94] ГОСТ 12.1.004-91[96] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[99]

7.2. Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочих мест имеет большое значение для оптимизации условий труда. Недостаточное освещение влияет на эмоциональное состояние человека, его психику, определяет степень работоспособности, вызывает усталость ЦНС, что может представлять угрозу для здоровья работника.

Все освещение подразделяется на естественное, искусственное и совмещенное. Показателем качества естественного освещения является коэффициент естественной освещенности (КЕО). Показателем качества искусственного освещения является освещенность, Люкс (лк) – единица измерения СИ.

Согласно СП 52.13330.2016 [103] при работе в аналитической лаборатории, где анализ производится с очень высокой точностью, необходимо использовать совмещенный тип освещения, который включает естественное боковое, через оконные проемы, и искусственное комбинированное, состоящее из верхнего и бокового освещения. Освещенность рабочих поверхностей искусственным освещением должна составлять 400-600 лк. КЕО при естественном освещении должна составлять не менее 1,5%, а при совмещенном не менее 2,4% (табл. 40).

Таблица 40 – Нормы естественного и искусственного освещения (согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [99])

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, %		КЕО, %		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			
Помещение для работы с ЭВМ	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
Аналитическая лаборатория	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

При работе на ЭВМ, как правило, применяют одностороннее боковое естественное освещение. В тех случаях, когда одного естественного освещения недостаточно, устраивают совмещенное освещение. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [99] при работе на ЭВМ освещенность рабочих поверхностей искусственным освещением должна составлять 300-500 лк. КЕО при естественном освещении должна составлять не менее 1,2%, а при совмещенном не менее 2,1% (табл. 40).

2. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат помещения – это состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха [101].

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [98], к основным показателям, характеризующим микроклимат в производственных помещениях относятся: температура воздуха, температура поверхностей (пола, стен, потолка, экранов, технологического оборудования), относительная влажность воздуха и скорость движения воздуха.

Микроклиматические показатели производственных помещений подразделяются на оптимальные и допустимые. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности, а допустимые вызывают повреждения или нарушения состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта. Данные показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины [98].

Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений, в соответствии с категорией работ (Ia – категория работ с

интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, характеризующая камеральные исследования, Па – категория работ с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/ч, характеризующая лабораторные исследования), представлены в таблице 41.

Таблица 41 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений (согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [98])

Сезон года	Категория работ, по уровню энергозатрат	Температура воздуха °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
	Па	19-21	40-60	0,2
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1
	Па	20-22	40-60	0,2

Наибольшее влияние на микроклимат оказывают источники теплоты, находящиеся в рабочем помещении. В лабораторных условиях такими источниками являются муфельные печи, электропечи, сушильные шкафы, а также химические реакции, протекающие с выделением тепла. В помещении с компьютерами основным источником тепла служит непосредственно персональные ЭВМ.

Оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые - обычными системами вентиляции и отопления.

Эффективным средством обеспечения надлежащей чистоты и допустимых параметров микроклимата воздуха как в лаборатории, так и в камеральном помещении является вентиляция. Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего. Нормирование вентиляции должно соответствовать СП 60.13330.2016 [104]. В производственных помещениях с длительным пребыванием в них человека требуется устройство отопительных систем в холодное время года. Системы отопления состоят из трех основных элементов: генератора для получения

тепла, теплопровода или канала для транспорта теплоносителя от места выработки к отапливаемому помещению и нагревательных приборов.

3. Повышенный уровень электромагнитного и ионизирующего излучений

Персональные ЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений: ультрафиолетового, радиочастотного диапазона, мягкого рентгеновского, ближнего инфракрасного, сверх и инфра низко частотного, электростатических полей.

ПЭВМ имеет два источника электромагнитного излучения: системный блок, и монитор. Однако последнее применимо в основном к мониторам на основе электронно-лучевой трубки и с появлением жидкокристаллических мониторов, в основе которых лежат новейшие технологии, использующие свет, вредное электромагнитное излучение сведено практически к нулю.

В результате регулярной работы со средствами ПЭВМ без применения защитных средств могут возникать заболевания органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, кожные заболевания, а также возникать различные опухоли

Допустимые параметры электромагнитного поля приведены в СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 [102] (табл. 42)

Таблица 42 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах (согласно СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 [102])

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 КГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 КГц - 400 КГц	2,5В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 КГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 КГц - 400 КГц	25нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для снижения воздействия дисплеев рекомендуется работать на дисплеях с защитными экранами и фильтрами, монитор должен стоять от вашего кресла не ближе, чем на расстоянии вытянутой руки. Кроме того, необходимо ограничить время нахождения работающих в электромагнитном поле (не более двух часов в день) [102].

4. Степень нервно-эмоционального напряжения

В результате продолжительной работы с ПЭВМ возникают неблагоприятные последствия для человека, включающие усталость зрения, снижение внимания и умственное напряжение. Это может негативно повлиять как на производительность труда, так и на психоэмоциональное здоровье работника.

Во избежание перечисленных последствий должны устанавливаться регламентированные перерывы в течение рабочего дня. Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ должна составлять 40-60 мин, после чего следует делать перерыв на 10-15 минут [102].

При работе на ПК, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [102], необходимо осуществлять комплекс профилактических мероприятий:

- * проводить упражнения для глаз через каждые 20-25 минут работы на ПК;
- * для снятия локального утомления должны осуществляться физкультурные минутки;
- * для снятия общего утомления, улучшения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также мышц плечевого пояса, рук, спины, шеи и ног, следует проводить физкультпаузы.

3. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу

При работе в химической аналитической лаборатории необходимо соблюдать требования нормативных документов в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 [97], ПНД Ф 12.13.1-03 [95] и ГОСТ 12.1.005-88 [100].

Основными причинами травматизма в химической лаборатории служат отравление парами химических реактивов, полученные из-за несоблюдения техники безопасности. К главным химическим реактивам, относящимся к вредным и токсичным веществам, согласно ГОСТ 12.1.007-76, и использующимся при проведении количественного химического анализа в аналитической лаборатории относятся хлорид водорода, азотная кислота, салициловая кислота, серная кислота, щавелевая кислота, едкий натр, реактив Несслера, класс опасности которых и ПДК представлены в таблице 43.

Таблица 43 – Класс опасности и ПДК вредных и токсичных химических веществ, использующихся при проведении анализов

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Хлорид водорода	5	II
Азотная кислота	2	III
Кислота салициловая	0,5	II
Серная кислота	1	II
Щавелевая кислота	0,5	III
Едкие щелочи	0,5	II
Ртути неорганические соединения	0,2/0,5	I

Исходя из вышесказанного можно сказать, что в основном используемые в работе вещества относятся к высокоопасным веществам, и одно из веществ относится к чрезвычайно опасному, что обуславливает необходимость соблюдения техники безопасности.

К основным пунктам по соблюдению техники безопасности при работе с вредными веществами относятся: во-первых, при работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ, во-вторых, работы, при которых возможен перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов выполняются в вытяжных шкафах, в-третьих, работа с концентрированными кислотами и щелочами, как и хранение данных реактивов, проводится только в вытяжном шкафу и с использованием защитных средств (перчаток, очков), и в-четвертых, концентрированные кислоты, щелочи и другие едкие жидкости следует переливать при помощи специальных сифонов с грушей или других нагнетательных средств [95].

Кроме того, при работе в химической лаборатории необходим контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций - максимально разовых рабочей зоны (ПДК мр. рз) и среднесменных рабочей зоны (ПДК сс. рз.) [97].

В случае пролива кислоты и попадания ее на кожу необходимо пораженное место промыть в течение 10 - 15 минут быстротекущей струей воды, а затем нейтрализовать 2 - 5 % раствором карбоната натрия, после чего пролитую кислоту следует засыпать песком. После уборки песка место, где была разлита кислота, нужно посыпать известью или содой и промыть водой [95].

7.3. Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению

1. Электрический ток

Источником поражения электрическим током, как в лаборатории, так и в помещении камеральной обработки может неисправная электропроводка, или токоведущие части электроприборов, оказавшиеся под напряжением.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от: частоты тока, продолжительность воздействия электрического тока на организм человека, условий внешней среды, пути тока через тело человека, рода и величины напряжения и тока [94].

Напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, согласно ГОСТ 12.1.038-82 [105] не должны превышать нормативных значений (табл. 44).

Таблица 44 – Предельно допустимые значения напряжений и токов (согласно ГОСТ 12.1.038-82 [105])

Род тока	Напряжение (U), В	Сила тока (I), мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Согласно Правилам устройства электроустановок [106], в зависимости от опасности поражения людей электрическим током, все помещения делят на: помещения с повышенной опасностью, особо опасные и помещения без повышенной опасности.

Помещения лаборатории и камеральной обработки материалов относятся к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током, так как они характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность [106], а именно: влажность воздуха не превышает 75%; отсутствие токопроводящей пыли; наличие специального покрытия на полах; температура воздуха не превышает 35°C, а также отсутствует постоянная химически активная или органическая среда.

Основной причиной возникновения смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током это нарушение правил работы с электроприборами. Исходя из этого, для предотвращения возникновения электротравм большое значение имеет соблюдение правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

Безопасность при работе обеспечивается применением различных технических и организационных мер:

- ✓ Организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории и компьютерного класса;
- ✓ Наличие защитного заземления;
- ✓ Наличие автоматического отключения электроприборов при коротком замыкании;
- ✓ Использование отдельный пункт с автоматами и общим рубильником для отключения компьютерного оборудования;
- ✓ Обеспечение недоступности токоведущих частей при работе;
- ✓ Оборудование защитными ограждениями незаизолированных токоведущих частей электроприборов;
- ✓ Регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током.

2. Пожароопасность

Пожар – процесс, характеризующийся социальным и экономическим ущербом в результате воздействия на людей и/или материальные ценности

факторов термического разложения и/или горения, развивающийся вне специального очага, а также применяемых огнетушащих веществ [96].

Основными причинами возникновения пожара при проведении камеральных и лабораторных работ являются: неисправность электрической проводки, возгорание электроприборов, неосторожное обращение с огнем, игнорирование основных правил пожарной безопасности, неосторожное использование нагревательных приборов.

По пожарной и взрывопожарной опасности в соответствии с СП 12.13130.2009 [107] выделяют несколько категорий помещений: помещения с повышенной взрывопожароопасностью (категория А), помещения с взрывопожароопасностью (категория Б), помещения с пожароопасностью (категории В1-В4), помещения с умеренной пожароопасностью (категория Г), помещения с пониженной пожароопасностью (категория Д).

Помещение лаборатории и камеральное помещение по пожарной и взрывной опасности относится к категориям Г и Д соответственно. Связано это с тем, что в лаборатории присутствуют вещества и материалы в горячем и раскаленном состоянии, а в кабинете камеральной обработки данных находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Ответственность за соблюдение пожарной безопасности в организации, за своевременное выполнение противопожарных мероприятий и исправное содержание средств пожаротушения несет начальник экспедиции, и его заместитель по хозяйственной части.

Все работники и рабочие, вновь принимаемые на работу, проходят противопожарную подготовку, которая состоит из первичного и вторичного противопожарных инструктажей.

Ответственные за пожарную безопасность обязаны: обучать подчиненный персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае возгорания или пожара; не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности; 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.

Помимо противопожарного инструктажа следует применять и ряд других профилактических мероприятий: подбор огнестойких строительных конструкций, планировка путей эвакуации, установка пожарной сигнализации, правильное расположение средств пожаротушения, достаточное количество средств первичного пожаротушения (ведра, огнетушители, сухой песок, сухие порошки, войлочные покрывала), изоляция горючей среды, запрет курения на рабочих местах.

В случае возникновения пожара необходимо: изолировать очаг горения от воздуха или снизить концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до назначения, при котором не будет происходить горение; создать условия огнепреграждения; охладить очаг горения; ликвидировать очаг струей газа или воды.

7.4. Экологическая безопасность

При выполнении проектных работ действующим природоохранным законодательством предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» [108]. Данный закон содержит свод правил охраны окружающей природной среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды.

В процессе проведения химического анализа в лаборатории происходит невысокое загрязнение различных геосфер Земли. Наиболее видимый ущерб в ходе производства лабораторных исследований наносится атмосфере. Это происходит в результате работы лабораторного вытяжного шкафа и выбрасывания аэрозолей различного химического состава в воздушную среду.

К реактивам, наносившим наибольший вред атмосфере при производстве химического анализа, в первую очередь являются кислоты, относящиеся ко второму и третьему классу опасности [109].

Для защиты атмосферы от выбросов химических веществ при работе с вытяжкой, в ее конструкцию устанавливают поглощающие фильтры, в которых присутствует материал, активно впитывающий вредные пары и аэрозоли.

При проведении лабораторных исследований происходит незначительное загрязнение, как литосферы, так и гидросферы, которое не ведет к нарушениям в данных оболочках Земли.

7.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – обстановки на определенной территории, сложившиеся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [110].

В условиях работы в помещении к возможным ЧС относятся – возникновение пожара, обрушение здания и наводнение.

Основными причинами возникновения пожара при проведении камеральных и лабораторных работ являются: неисправность электрической проводки, возгорание электроприборов, неосторожное обращение с огнем, игнорирование основных правил пожарной безопасности, неосторожное использование нагревательных приборов.

В случае возникновения пожара необходимо: изолировать очаг горения от воздуха или снизить концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до назначения, при котором не будет происходить горение; создать условия огнепреграждения; охладить очаг горения; ликвидировать очаг струей газа или воды [96].

Основными причинами полного или частичного обрушения зданий являются ошибки при проектировании здания, землетрясение, или взрыв в результате теракта.

При обрушении здания необходимо руководствоваться следующими правилами [111]:

- ✓ Услышав взрыв или обнаружив, что здание теряет свою устойчивость, необходимо быстро покинуть его;
- ✓ Покидая помещение, необходимо спускаться по лестнице, а не на лифте;
- ✓ Оказавшись необходимо перейдите на открытое пространство, а не стоять возле здания;
- ✓ Если отсутствует возможность покинуть здание, необходимо занять самое безопасное место: проемы капитальных внутренних стен, углы, образованные капитальными внутренними стенами, под балками каркаса.

Наводнение – это затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием.

Наводнение может происходить в результате подъема уровня воды во время половодья или паводка, при заторе, зажоре, вследствие нагона в устье реки, а также при прорыве гидротехнических сооружений [112].

При угрозе наводнения необходимо соблюдать следующий порядок действий [111]:

- ✓ Выйти из опасной зоны возможного катастрофического затопления по сигналу оповещения об угрозе наводнения;
- ✓ При отсутствии организованной эвакуации, до прибытия помощи или спада воды, необходимо находиться на верхних этажах и крышах зданий, при этом постоянно подавать сигнал бедствия;
- ✓ При подходе спасателей с соблюдением мер предосторожности перейти в плавательное средство. При движении плавсредства не покидать установленных мест, не садитесь на борта, строго выполнять требования экипажа.

Самостоятельно выбираться из затопленного района рекомендуется только при наличии таких серьезных причин, как необходимость оказания медицинской помощи пострадавшим, продолжающийся подъем уровня воды при угрозе затопления верхних этажей [111].

7.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда в РФ – 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 [113].

Целью улучшения условий труда является обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве.

Основным методом охраны труда является использование техники безопасности в результате чего решаются основные задачи: создание машин и инструментов, при работе с которыми исключена опасность для человека, и разработка специальных средств защиты, обеспечивающих безопасность человека в процессе труда.

Согласно 37 статьи Конституции РФ [114] труд является свободным, и каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, а также каждый имеет право на отдых.

Основным документом в нормативно-технической документации, регламентирующем методологию безопасной трудовой деятельности, является нормативный акт «Система стандартов безопасности труда» [115].

В соответствии с ст. 212 Трудового кодекса РФ [116] обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, возлагаются на работодателя, который обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве

инструментов, сырья и материалов. Работодатель обязан обеспечить, соответствующие требованиям охраны труда, условия труда на каждом рабочем месте; режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством, и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права. Работодатель должен извещать работников, об условиях охраны труда на рабочих местах, о возможном риске для здоровья, о средствах индивидуальной защиты и компенсациях [116].

Заключение

Проведенные исследования по изучению агрессивности геологической среды (на основе анализа водной вытяжки из грунта) бывшей сельскохозяйственной территории, отведенной под строительство зданий на территории п. Зональная станция показали, что грунты имеют в основном среднюю агрессивность по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочке кабеля и низкую к бетону.

Среднее содержание в водной вытяжке ионов NH_4^+ , Ca^{2+} , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- находится на уровне средних содержаний характерных для данной территории либо превышает его, что связано с влиянием компонентов входящих в состав минеральных удобрений, вносимых в грунт ранее.

Указанные компоненты имеют различную способность к накоплению в грунтах. Концентрация ионов NH_4^+ , Ca^{2+} , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , в водной вытяжке из грунта с глубиной увеличивается, а концентрация органического вещества, SO_4^{2-} , NO_3^- уменьшается.

Такое поведение компонентов связано как с антропогенным фактором – привнесением удобрений в почвы с целью повышения их плодородия, так и с естественными факторами, которые заключаются в особенностях природных условий территории и взаимного влияния компонентов почв на миграционные свойства друг друга.

Отмеченные особенности состава водных вытяжек из грунтов должны учитываться при проектировании зданий и проведении мероприятий по их защите от коррозии.

Список публикаций

1. Михайлова Е.А. Химический состав водной вытяжки грунта застраиваемых территорий // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXI Международного симпозиума студ., аспирант. и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т.1. – с. 556-558.
2. Михайлова Е.А. Геохимические особенности грунтов (водная вытяжка) сельскохозяйственных территорий // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXII Международного симпозиума студ., аспирант. и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018.

Список использованных источников

1. Фондовые материалы ООО «Геостройизыскания»
2. Гудымович С.С. Геологическое строение окрестностей г. Томска: учебное пособие / С.С. Гудымович, И.В. Рычкова, Э.Д. Рябчикова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 84 с.
3. Хромых О. В., Хромых В. В. Ландшафтный анализ Нижнего Притомья на основе ГИС. – Томск: НТЛ, 2011. – 160 с.
4. Фондовые материалы АО «ТомскТИСИЗ»: Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки рабочей документации по строительству жилого здания (строительный №12) в пос. Зональная Станция Томского района Томской области: технический отчет / АО «ТомскТИСИЗ» : директор О.В. Шмачков. – Томск, 2014. – 74 с.
5. Косова Л.С. Природа города Томска. Учебное пособие / Л.С. Косова. – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 1999. – 116 с.
6. Евсеева Н.С. География Томской области (Природные условия и ресурсы) / Н.С. Евсеева. – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 2001. – 223 с.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 20: Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край
8. Земцов А.А. География Томской области / А.А. Земцов. – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 1988. – 246 с.
9. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, охрана и использование / О.Г. Савичев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2003. – 170 с.
10. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). - М. : Изд-во Недрa, 1970. – 367 с.
11. Розин А.А. Подземные воды Западно-Сибирского бассейна и их формирование / А.А. Розин. – Новосибирск : Изд-во Наука, 1977. – 101 с.
12. Макушин Ю.В. и др. Отчет по теме: «Переоценка эксплуатационных запасов подземных вод Томского месторождения». – Томск, 2005. – 436 с

13. Попов В.К. и др. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, В.А. Коробкин, Г.М. Рогов, и др. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2002. – 138 с.
14. Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия нижней части бассейна р. Томи (Томская область) : дисс. ... к. г.-м. н. / Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес. – Томск, 2012. – 218 с.
15. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология: Учебн. для вузов / С.Л. Шварцев. – М. :Недра, 1996. – 423 с.
16. Дюкарев А.Г. Природные ресурсы Томской области / А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов, В.А. Хмелев и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 176 с.
17. Непряхин Е.М. Почвы Томской области / Е.М. Непряхин. – Томск : Изд-во ТГУ, 1977. – 440 с.
18. Каручев И.С. Почвоведение / И.С. Каручев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов и др. ; Под ред. И.С. Каручева – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1989. – 719 с.
19. Непряхин Е.М. Почвенно-географическое районирование Томской области // Вопросы почвоведения Сибири: труды НИИ биологии и биофизики при Томском Ордена Трудового Красного Знамени государственном университете им. В.В. Куйбышева. – Томск, 1975. – с. 36-50.
20. Афанасьева Т.В. Почвы СССР / Т.В. Афанасьева, В.И. Василенко, Т.В. Терешина и др. – М. : Мысль, 1979. – 376с.
21. Филатов В.И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В.И. Филатов, Г.И. Баздырев, М.Г. Обьедков и др.; Под ред. В.И. Филатова. – М. : Колос, 2004. – 724 с.
22. Муха В.Д. Агрономия / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, И.С. Кочетов и др. Под ред. В.Д. Мухи. – М. : Колос, 2001. – 504 с.
23. Дюкарев А.Г. Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра г. н. / А.Г. Дюкарев. – Томск, 2003. – 38 с.

24. Ремезов Н.П. Почвоведение с основами земледелия / Н.П. Ремезов, В.Т. Макаров. – М. : Изд-во МГУ, 1963. – 478 с.
25. Кузнецов. К.А. Почвы юго-восточной части Западно-Сибирской равнины / К.А. Кузнецов. – Томск : Изд-во ТГУ, 1949. – 213 с.
26. Славина Т.П. Азот, фосфор и калий в лесостепных оподзоленных почвах Томской области / Т.П. Славина. – Томск : Изд-во ТГУ, 1949. – 198 с.
27. Языков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири : дисс. ... д. г.-м. н. / Е.Г. Языков. – Томск, 2006. – 423 с.
28. Горюшкина Е.С. Агроэкономическая оценка пахотных серых лесных почв // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – Орел, 2016. – с. 28-33.
29. Мамонтов В.Г. Общее почвоведение: учебник / В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, Н.Н. Игнатъев. – М. : КНОРУС, 2015. – 538 с.
30. Фондовые материалы АО «ТомскТИСИЗ»: Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки рабочей документации по строительству жилого здания (строительный №3) в пос. Зональная Станция Томского района Томской области: технический отчет / АО «ТомскТИСИЗ» : директор О.В. Шмачков. – Томск, 2013. – 60 с.
31. Фондовые материалы АО «ТомскТИСИЗ»: Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки рабочей документации по строительству жилого здания (строительный №5) в пос. Зональная Станция Томского района Томской области: технический отчет / АО «ТомскТИСИЗ» : директор О.В. Шмачков. – Томск, 2013. – 70 с.
32. Фондовые материалы АО «ТомскТИСИЗ»: Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки рабочей документации по строительству жилого здания (строительный №11) в пос. Зональная Станция Томского района Томской области: технический отчет / АО «ТомскТИСИЗ» : директор О.В. Шмачков. – Томск, 2014. – 55 с.
33. Притула В.В. Подземная коррозия трубопроводов и резервуаров / В.В. Притула. – М. : Изд-во «АКЕЛА», 2003. – 225 с.

34. Азаренков Н.А. Коррозия и защита металлов. Часть I. Химическая коррозия металлов. Учебное пособие / Н.А. Азаренков, С.В. Литовченко, И.М. Неклюдов, и др. – Харьков : ХНУ, 2007. – 187 с.
35. Давыдов С.Н. Введение в специальность «Техника антикоррозионной защиты оборудования и сооружений»: Учеб. пособие / С.Н. Давыдов, В.В. Кравцов. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2000. – 103 с.
36. Московин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Московин, Ф.М. Иванов, и др; Под общ. ред. В.М. Московина. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.
37. Акимов Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов / Г.В. Акимов. – М. : Изд-во АН СССР, 1945. – 396 с.
38. Улиг Г.Г. Коррозия и методы борьбы с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г.Г. Улиг, Р.У. Ревин. Пер. с англ. / Под ред. А.М. Сухотина. – Л. : Химия, 1989. – Пер. изд., США, 1985. – 456 с.
39. Францевич И.Н. Катодная защита магистральных газопроводов / И.Н. Францевич, Е.В. Хрущева, Т.Ф. Францевич-Заблудовская. – Киев : Изд-во АН УССР, 1948. – 80 с.
40. Притула В.А. Определение коррозионности почв / В.А. Притула. – М. : Гостоптехиздат, 1934. – 51 с.
41. Негреев В.Ф. Методы определения коррозионных свойств почв / В.Ф. Негреев, Г.А. Аллахвердиев. – Баку : Изд-во АН АзССР, 1953. – 90 с.
42. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.03.11-85»
43. ГОСТ 9.602-2016 «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии»
44. СН 211-62 Инструкция по инженерным изысканиям для городского и поселкового строительства
45. СТ СЭВ 4419-83 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции строительные. Термины и определения

46. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения
47. Королёв В.А. Агрессивность грунтов и методы ее оценки. – Гидрогеология и инженерная геология: обзор / В.А. Королев, Л.А. Цуканов. – М. : АОЗТ “Геоинформмарк”, 1995. – 46 с.
48. Кобояси Т. Коррозия металла в почве и методы борьбы с ней. Пер. с японского // Кинд-зоку. – Токио, 1986. – 19 с.
49. Котенев Ю.А. Экологические аспекты функционирования нефтегазовых техноприродных систем: Учебное пособие / Ю.А. Котенев, В.Е. Андреевн, В.П. Давыдов, и др. – Уфа : Изд-вл УГНТУ, 1998. – 101 с.
50. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов . – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
51. Хващевская А.А. Аналитические методы оценки агрессивности природных вод и грунтов к строительным материалам и конструкциям: учебное пособие / А.А. Хващевская, Ю.Г. Копылова, Р.Ф. Зарубина. – Томск : Изд-во ТПУ, 2012. – 112 с.
52. Кугушин А.А. Высокопрочная арматурная сталь / А.А. Кугушин, И.Г. Узлов, В.В. Калмыков, и др. – М. : Изд-во Металлургия, 1986. – 272 с.
53. Глинка Н.Л. Общая химия. 24-е изд. / Н.Л. Глинка. – Л. : Химия, 1985. – 702 с.
54. Домокеев А.Г. Строительные материалы / А.Г. Домокеев. – М. : Высшая школа, 1988. – 495 с.
55. Розенталь Н.К., Розенталь А.Н., Любарская Г.В. Коррозия бетона при взаимодействии щелочей с диоксидом кремния заполнителя // Бетон и железобетон. – Москва, 2012. – с. 50-60.
56. Коррозия [Электронный ресурс] // Горная энциклопедия – Электрон. дан. – URL: <http://www.mining-enc.ru/k/korroziya/> (дата обращения 28.04.2017)
57. Федорченко В.И. Коррозия металлов: учебное пособие / В.И. Федорченко. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. – 127 с.

58. ГОСТ 9.602-2005 «Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии»
59. Агинея Р.В. Разработка методов повышения эффективности противокоррозионной защиты объектов газотранспортной системы : автореф. дис. ... д-ра техн. н. / Р.В. Агинея. – Ухта, 2009. – 45 с.
60. ГОСТ 9.908-85 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости (с Изменением N 1)
61. Дизенко Е.И. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров: учебное пособие / Е.И. Дизенко, В.Ф. Новоселов, и др. – М. : Изд-во «Недра», 1978. – 199 с.
62. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении / П.С. Мельников. – М. : «Машиностроение», 1991. – 384 с.
63. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. Учебное пособие, 2-е издание / Н.П. Жук. – М. : «Альянс», 1976. – 472 с.
64. ГОСТ 12071-2014 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов»
65. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96»
66. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ»
67. ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки»
68. ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества»
69. ГОСТ 31957-2012. «Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов»
70. ГОСТ 14657.9-96 «Боксит. Методы определения диоксида углерода»

71. ФР.1.31.2016.22546 «Методика измерений массовой концентрации агрессивной углекислоты в пробах природных вод титриметрическим методом»
72. ФР.1.31.2011.10042 «Воды поверхностные, подземные, сточные и очищенные сточные. Титриметрический метод измерений массовой концентрации хлорид-ионов»
73. ГОСТ 26426-85 «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке»
74. ГОСТ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом»
75. ФР.1.31.2011.09191 «Воды подземные. Титриметрический метод измерений жесткости»
76. ПНД Ф 14.1:2:3.95-97 «Методика измерений массовой концентрации кальция в пробах природных и сточных вод титриметрическим методом»
77. ПНД Ф 14.1:2.50-96 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой»
78. ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 «Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложений, образцах растительного происхождения спектральными методами»
79. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 «Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера»
80. Авдонин Н.С. Агрохимия / Н.С. Авдонин. – М. : Изд-во МГУ, 1982. – 344 с.
81. Дмитриевский Б.А. Свойства, получение и применение минеральных удобрений : учебное пособие / Б.А. Дмитриевский, В.И. Юрьева, В.А. Смелик и др. – СПб. : Проспект науки, 2013. – 326 с.

82. Третьяков Н.Н. Агрономия: Учеб. Пособие для учреждений сред. Проф. Образования / Н.Н. Третьяков, Б.А. Ягодин, А.М. Туликов и др.; под ред. Н.Н. Третьякова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
83. Орлов Д.С. Химия почв: Учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высш. шк., 2005. – 558 с.
84. Возбуждая А.Е. Химия почв. Издание 3-е, исправленное и дополненное / А.Е. Возбуждая. Под редакцией проф. Д.Л. Аскинази. – М. : Изд-во «Высшая школа», 1968. – 428 с.
85. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуск 7. Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород. – М. : Изд-во «ВИЭМС», 1993. – 625 с.
86. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуск 1. Работы геологического содержания. Часть 1. Работы общего назначения. – М. : Изд-во «ВИЭМС», 1993. – 120 с.
87. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуск 5. Разведочное бурение. – М. : Изд-во «ВИЭМС», 1993. – 438 с.
88. Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы. Выпуск 7. Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород. – М., 1995. – 34 с.
89. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства. – М., 1999. – 146 с.
90. Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая : от 13.07.2015 № 214-ФЗ (ред. от 23.04.2018)
91. Социальная ответственность : [метод. указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ] / С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – 11 с.
92. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 «Руководство по социальной ответственности»

93. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
94. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
95. ПНД Ф 12.13.1-03 «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)»
96. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением)»
97. ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями)»
98. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
99. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
100. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением)»
101. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
102. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
103. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95»
104. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003»
105. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением)»

106. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 7
107. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением)»
108. Федеральный закон от 31.12.2017 N 503-ФЗ (ред. от 01.01.2018) «Об охране окружающей среды»
109. ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
110. ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения»
111. Правила поведения с учетом сезонных рисков [Электронный ресурс] // МЧС России – Электрон. дан. –
URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/individual> (дата обращения 25.04.2018)
112. ГОСТ 22.0.03-97 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения»
113. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) «Об основах охраны труда в Российской Федерации»
114. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ)
115. ГОСТ 12.0.230.1-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Руководство по применению ГОСТ 12.0.230-2007»
116. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018)
117. Ferreira CAM, Ponciano JAC, Vaitsman DS, Perez DV. 2007. Evaluation of the corrosivity of the soil through its chemical composition. Science of the Total Environment. Vol. 388, pp. 250-255.

118. Oliver Pritchard, Stephen H. Hallett & Timothy S. Farewell. 2013. Soil corrosivity in the UK – impacts on critical infrastructure. National Soil Resources Institute, United Kingdom.
119. Ismail AIM, El-Shamy AM. 2009. Engineering behaviour of soil materials on the corrosion of mild steel. *Applied clay science*. Vol. 42, pp. 356-362.
120. Norin M, Vinka TG. 2003. Corrosion of carbon steel in filling material in an urban environment. *Materials Corrosion*. Vol. 54, pp. 641-651.
121. Zhu Q, Cao A, Wang Z, Song J, Chen S. 2011. Fundamental aspects of stray current corrosion on buried pipeline. *Advanced materials research*. Vol. 146, pp. 70-74.
122. Mehanna M, Basseguy R, Delia ML, Bergel A. 2009. Effect of *Geobacter sulfurreducens* on the microbial corrosion of mild steel, ferritic and austenitic stainless steels. *Corrosion science*. Vol. 51, pp. 2596-2604.
123. Burton RGO. 2001. Investigation of soils in Thames Water excavations, North London (January and March 2001). A report for Thames Water Utilities. NSRI, Cranfield University, UK.
124. Abu Saleh. 2008. Chloride induced corrosion and sulphate attack – a literature review on concrete durability. Elkem Materials South East Asia, Singapore. The 3rd ACF International Conference-ACF/VCA, pp. 1028-1040.
125. Pitter P. 2009. *Hydrochemie [Hydrochemistry]*, 4th edn. Vydavatelství VSCHT, Prague, p 592.
126. Michael Shade. 2008. Effect of Nitrification on Lead Corrosion in Chloraminated Distribution Systems. Clemson University.
127. H. H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion control* ' 85, London, Willey, 1967.

Приложение А

(справочное)

The main factors of soil aggressiveness and their influence on the course of corrosion processes in concrete, aluminum and lead

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ61	Михайлова Е.А.		

Консультант школы отделения (НОЦ) ОГ ИШПР:

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

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеевко И.А.	д.ф.н., доцент		

Corrosions process is the degradation of metal as a result of reaction with its environment affecting almost all metals. The cost of corrosion for most developed European countries is assumed to be approximately 4-5% of the gross national product, suggesting it is an important and real hazard to critical infrastructure.

Prevention of corrosion is deemed to be all but impossible. Soil conditions are inherently heterogeneous and certain soil properties change as a consequence of a changing climate and significant anthropogenic inputs that over time seek to inhibit this prevention. However we can aim to control corrosion processes, whether in the choice of material that we use for our sub-services, as established within the telecoms and electricity sectors, or as a result of cathodic protection.

To do this, it is necessary to examine the aggressiveness of the soil and the factors that it cause.

The main factors affecting the corrosion process

When compared to that of the atmosphere or seawater, soil corrosivity is more difficult to categorise in terms of soil properties [117]. This is due to extremely localized complexity and heterogeneity of soil. The complexity of soil was recognized as early as 1942 in a study by Hudson et al. [118]. The key soil corrosivity factors are shown in Figure A.1.

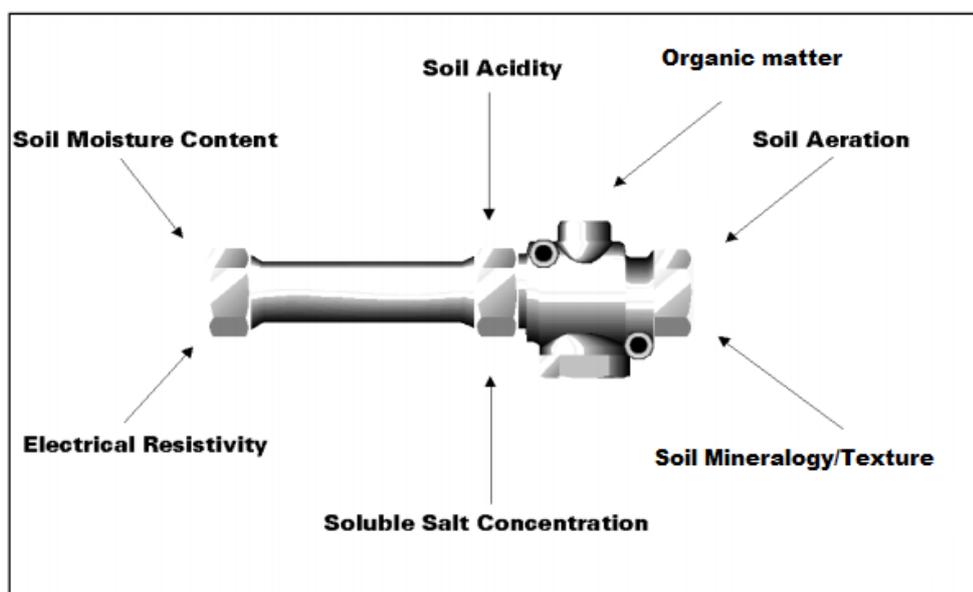


Figure A.1 – Soil corrosivity factors [118]

Dry soil is not corrosive, corrosion process begins only with presence of moisture in soil, which, on the one hand, can enhance the aggressiveness of soil with respect to the materials and construction, due to the formation of salt solutions, acids and alkalies, on the other hand, may slow the aggressive influence of soil for the reduction of free air access to the surface of metals.

Even in the absence of oxygen, iron will still undergo corrosion by the process of oxidative reaction in water. Some scientists say that the critical moisture content of soils in the corrosion of mild steel is when it is above 50% of its holding capacity. They go further to suggest that the corrosivity potential of soil should be deemed with an assumed water capacity of 65%, their study showed a direct correlation between mass loss in the pipework and moisture content of soils [118]. However, Ismail and El-Shamy [119] have shown that 50-60% is the optimum moisture content for maximum corrosion rate (Figure A.2). Norin and Vinka [120] found higher corrosion rates with increased rainfall, especially if the precipitation is more conducive to corrosion.

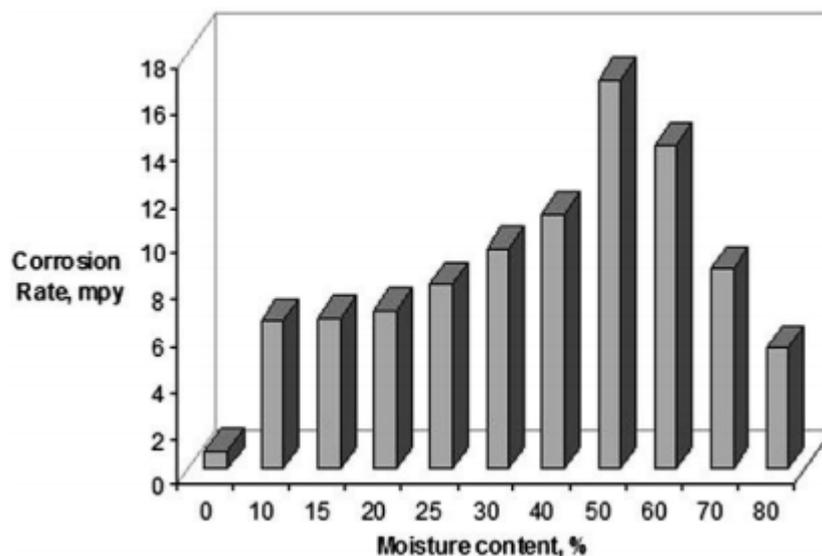


Figure A.2 – Effect of moisture content on soil corrosivity [119]

Murray and Moran [118] undertook laboratory and field testing assessing the impact of moisture content on pipeline steel. The two soil types that were studied, clay and a sandy loam, revealed similar corrosion rates when subjected to the two moisture content conditions. Other scientists suggests that soil humidity and

consequently soil moisture is an important factor for corrosion rates in soils, which is intrinsically linked to the electrochemical properties of the soil mass essential for corrosion processes [118].

Soil mineralogy is an important factor regarding the moisture content of soils. A clay soil, due to its inherent molecular structure, is able to retain moisture more readily than a sandy soil. This means that water in clays is more easily retained and so has a greater exposure to any buried metal surfaces, facilitating the corrosive action of the soil. However over time clay soils can reduce in their corrosiveness due to the relative inability of these soils to transport oxygen through their mass. This may help to explain why disturbed soils have a considerably greater effect on corrosion rate, as oxygen is mixed back into the soil body. Eventually with settlement of the disturbed soil material, conditions could lead to slower corrosion rates.

In 2010 British scientists undertook a study to understand the effect of clay mineralogy on corrosion processes. This revealed that clay minerals would interact strongly with the metal surface (especially montmorillonite) hindering oxygen diffusion and release of Fe (II) into solution which subsequently acts to partially block the electrode reducing general corrosion.

The angularity of soil particles is also a key factor with regards to underground infrastructure resilience. Angular (sharp) particles can pierce the passive 'protective' film of underground metal structures that can leave the metal substrate exposed to the potentially aggressive soil mass. Angular particles can also lead to damage of PVC corrosion resistant pipes, as a result of abrasion. One particular case showed that the scratching of bituminous coating on a cast iron pipe led to the increased corrosion and resultant failure, which is likely to be a result of angular soil particles abrading the surface of the protective coating.

A pipe passing through differing soil environments also can generally be anodic within clay due to the lack of oxygen in clay soils and cathodic in loamy soils (greater aerability). This results in the formation of a "corrosion cell" as shown in Figure A.3. These corrosion cells can vary in size from very small (i.e. centimetres) to many miles depending upon the soil properties [118].

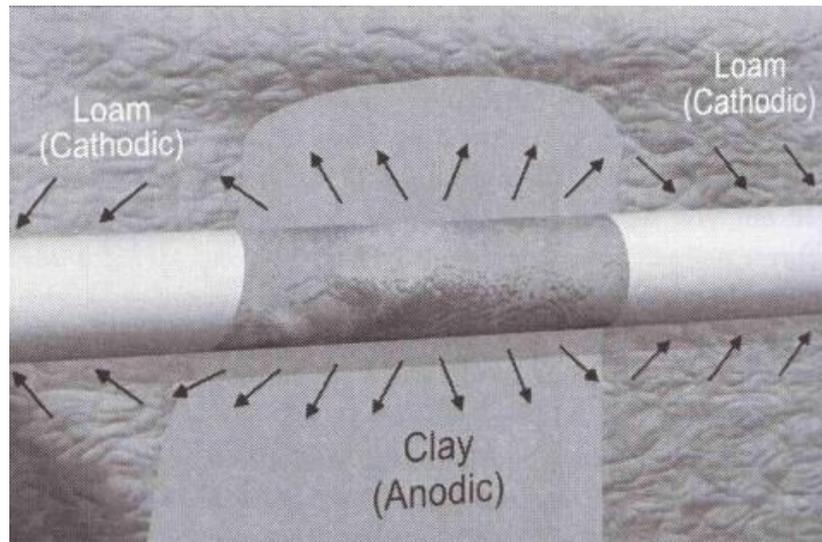


Figure A.3 – Corrosion cell formed by pipeline passing through differing soil types, arrows show direction of corrosion currents [118].

Besides, during drought conditions clay soils that subsequently shrink and crack, would allow oxygen from the surface to reach the metal substrate through the cracks (that often reach the subsoil). This results in an increased corrosion rate [118].

Wandering currents cause serious corrosion damage to structures, both in residential and industrial areas, as well as in the area of underground communications. Infrastructures can increase the corrosion of underground assets, via the principle of stray currents. For example, electric powered mass transit railway systems and electricity transmission lines can create stray currents resulting in severe corrosion of underground assets [118]. Zhu et al. [121] have suggested that soils with a higher resistivity can counteract stray currents by limiting the potential for the soil to carry the current.

Soil resistivity indicates the ability of soil environment to carry corrosion currents. It constitutes, subsequently, a function of the soil moisture content and the concentration of the current carrying soluble ions. It is generally controlled by spaces, fractures and the amount and composition of fluids that fill the pore spaces within a soil mass [118].

The unit of soil resistivity is the ohm-centimeter ($\text{ohm}(\Omega)\text{-cm}$) and is a measurement of the resistance of a cube of soil one centimeter in dimension as measured from opposite faces. Measurements of resistivity can be made within the

field or laboratory [118]. Ferreira et al. [117] identified that laboratory resistivity measurements within in an aqueous solution did not correlate well with field results. With coarse granular soils (i.e. gravels) and made ground with coarse fragments it has often been difficult to obtain reliable measurements due to the lack of contact between resistivity probe and soil substrate [117].

British scientists have differently assessed the course of corrosion processes under the influence of specific resistance. Mughabghab and Sullivan found soil resistivity to be relatively unimportant in the corrosion process compared to pH. Whereas Palmer suggests that resistivity is a major controlling factor in the corrosion rate. Rudd suggested that resistivity alone was only capable of distinguishing between three of the five corrosivity classes for soils, and that seasonal variations had a significant impact. However Burton found in his study of North London sites that resistivity correlated well with the soil corrosivity classes identified in Table A.1: Soil resistivity values and corrosivity effects [118].

Table A.1 – Soil resistivity values and corrosivity effects [118]

Soil Resistivity (Ω cm)	Corrosion Classification
Up to 1000	Very severely corrosive
1001-2000	Severely corrosive
2001-5000	Moderately corrosive
5001-10,000	Mildly corrosive
> 10,000	Very mildly corrosive

The microflora activity in soils is also a source of corrosion processes. The process of Microbially-Induced Corrosion (MIC) is deemed to constitute approximately 20% of corrosion costs to many industrialised countries. The measurement of redox potential is used to determine whether a soil is anaerobic (oxygen depleted) or aerobic (oxygen rich), with anaerobic conditions being favoured for MIC.

Sulfate reducing bacteria (SRB) are considered the major bacterial group involved in MIC. The process of MIC is a result of any organism that metabolically reduces sulfate to H₂S (Hydrogen Sulphide). Mehanna et al. [123] have identified the SRB *Geobacter sulfurreducens* as being prolific within soils and sediments and, therefore, should be considered a great threat to corrosion of underground metals

within the soil substrate [122]. Many scientists highlighted that water saturated clay-type soils of near neutral pH with decaying organic matter and a source of SRB were a threat to the underground pipeline industry.

However, it is not just the presence of SRB's that provide the cause of anaerobic corrosion. Bio-corrosion has been shown to have occurred even when SRB's are absent.

The presence of MIC in environments that are considered non-corrosive have resulted in the determination of the likelihood of corrosive action on underground assets difficult. Often due to the very localized nature of MIC attack, electrochemical detection methods (i.e. redox potential) which give an overall signal for the 'entire surface' are not suitable for accurate pinpointing of MIC [118].

Another parameter affecting the degree of soil aggressiveness is the pH value. Buried metallic structures are susceptible to corrosion at any pH value. It is interesting to note that within the pH range of 4-8.5 that iron can be immune, passive (corroding slowly) or corroding.

At low pH values it has been suggested that the passive protection layer is unable to form, leading to a higher corrosion rates. At near neutral pH the soil permits the amenable environment for SRB to develop [118]. This could possibly explain the identified high corrosion rates within North London [123].

There are a number of sources of soluble salts, including 1) inherited from saline deposits in which soils are formed, 2) produced in situ through intense evaporation under arid climates 3) resulting from human influence [118]. Below salt composition of the soil and its mineralization is discussed in more detail.

The salt composition of the soil and its influence on the development of corrosion processes

Many aggressive anions are present within the soil environment, including sulfates and chloride ions, magnesium ion, calcium ions, sodium and potassium, aggressive carbon dioxide, nitrate ion, ammonium ion, iron ion.

The process of corrosion pitting is induced by aggressive anions, such as Cl^- (chlorides) and SO_4^{2-} (sulfates). Chloride ions in particular can introduce pitting corrosion of the protective layer (passive film) decreasing the overall protection of the buried metal asset. Chloride is argued to be the leading cause of corrosion of steel reinforcement in concrete structures.

The primary cause of corrosion of buried stainless steels has been the result of high levels of sulfides within soils. Sulfates are most common in clay soils and acidic waters, resulting from the breakdown of pyrites within rocks and clay materials.

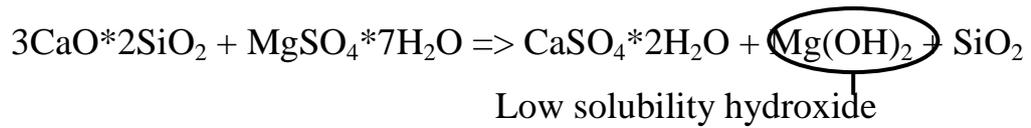
Iron sulfides are capable of decreasing corrosivity by forming a 'biofilm' that protects the underlying unreacted metal, this is an effective process that is undertaken in the production of stainless steel. However, due to the inherently unstable nature of iron sulfide films, ruptures often occur leading to the formation of very localised active corrosion cells on the metal surface, that leads to quick failure of the infrastructure asset. The mechanism for this process is iron sulfide acting as a cathode and the exposed steel surface as an anode.

The oxidation of Pyrite (FeS_2) undergoes biological and chemical reactions and is subsequently very complex. Ultimately, pyritic oxidation leads to the formation of sulphuric acid, which is not only inherently a problem with relation to the corrosion of metallic materials but also a significant environmental pollution risk to surface and ground waters [118].

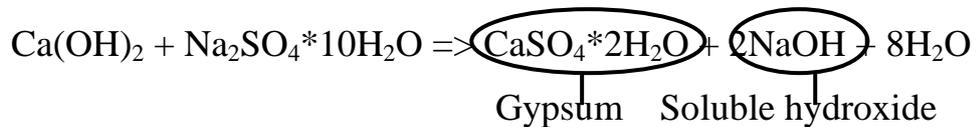
Sulphate attack is also characterised by the chemical reaction between sulphate ions with the aluminate component, calcium and hydroxyl of hardened Portland cement. The reaction leads to the formation of expansive ettringite and, to a lesser extent, gypsum. The reaction, providing there is enough water present, will cause expansion leading to cracking. This, in turn, will allow further ingress of sulphates and accelerate the degradation process [124].

If magnesium ions accompany sulphates, they may also react with calcium hydroxide, producing brucite (magnesium hydroxide, $\text{Mg}(\text{OH})_2$) which, because of its low solubility precipitates out of solution, also leads to increase in solid volume. Magnesium ions may also attack calcium silicate hydrates, the principal bonding

material in set concrete. This process occurs according to the following reaction [124]:



Sulfates also affect the concrete in combination with calcium ions, sodium and potassium. In the highly alkaline pore solution (pH>10) provided by the sodium, potassium and calcium hydroxides liberated during the cement hydration reactions, sulphate ions that have penetrated the hardened concrete react with calcium aluminate hydrate to form calcium sulfoaluminate hydrate (ettringite, $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$). The formation of this mineral can be destructively expansive since it has a solid volume greater than the original constituents and it grows as myriad acicular (needle-shaped) crystals that can collectively generate high internal stresses in the concrete. As a result of this reaction the calcium hydroxide component be attacked by the ‘acid’ type, producing crystalline calcium sulphates (gypsum) and soluble hydroxide: e.g. [124]

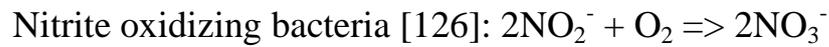


This reaction product has also a greater solid volume than the original constituents and in some cases can contribute to degradation of the concrete [8].

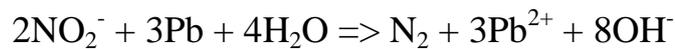
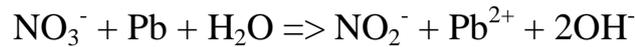
Being present in the soil solution, carbon dioxide in aggressive form could react with the calcium carbonate (CaCO_3) or calcium hydroxide (Ca(OH)_2) present in the concrete, creating soluble calcium bicarbonate $\text{Ca(HCO}_3)_2$. Aggressive carbon dioxide is the part of free carbon dioxide concentration present in water overstepping the concentration of CO_2 which is in equilibrium with Ca^{2+} and HCO_3^- ions. In this case, aggressive carbon dioxide will dissolve the calcium carbonate present in concrete, destroying it [125].

The nitrate ion, which is a part of the nitrifying bacteria, can actively influence the corrosion of lead. Nitrifying bacteria may facilitate lead corrosion via two mechanisms. The first mechanism involves production of protons during

nitrification. The destruction of alkalinity by ammonia oxidizing bacteria can potentially change the pH of the environment in which the bacteria live [126].



The second mechanism is that nitrite produced during nitrification may be used as an electron acceptor for lead corrosion. Lead oxidation can occur in the presence of nitrite and nitrate through the following reactions [126]:



Nitrifying bacteria can therefore effectively cause the corrosion of lead. These processes may also happen more quickly in the presence of nitrifying bacteria because the protons produced during nitrification can neutralize the hydroxyl ions produced in the above leaching reactions.

As can be seen in the above equations, this form of lead corrosion will produce an elevated pH. Ammonia oxidizing bacteria tend to function better under neutral conditions. The protons produced that could shut down the ammonia oxidizing bacteria ability to perform nitrification could also be neutralized by the hydroxyl ions generated during lead corrosion. Therefore, the effect of lead corrosion through the reduction of nitrate and ammonia generation through decomposition of chloramines would provide an environment conducive for the growth and functioning of ammonia oxidizing bacteria and nitrite oxidizing bacteria [126].

An important role in the corrosion of concrete is played by the ammonium ion. The presence of ammonium in aqueous solution can contribute to the destruction of concrete in two ways. At first, by developing nitrifying and, therefore, acidifying biological reactions that can only occur in aerobic environments, such as cooling towers, secondly by releasing ammonia that has been displaced by the lime that increases its solubility and causes the cement to deteriorate [125].

The iron ion, which causes corrosion of aluminum, also belongs to the corrosion active elements.

Aluminum is one of the widely used corrosion-resistant metals. The hard and tough oxide film formed on the surface of the aluminum makes it resistant to corrosion. If the protective effect of the oxide film is overcome by scratching or by amalgamation, it is attacked under ordinary conditions by hot alkali hydroxides, halogen, various metals and even by water. Traces of Fe^{3+} in water react with aluminum, depositing metallic iron on the aluminum surface. This leads to the development of corrosion processes on the aluminum surface [127].