

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя

УДК 581.45:582.681.82:504:550.4(571.54-25)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Юсупов Дмитрий Валерьевич	канд.геол-минерал. наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	канд.экон.наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Пашков Евгений Николаевич	канд.техн.наук, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Барановская Наталья Владимировна	д-р.биол.наук, профессор		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Владеть знаниями о философских концепциях естествознания и основах методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени
ОПК(У)-2	Способность применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче географической информации и для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность к активному общению в научной, производственной и социально – общественной сферах деятельности
ОПК(У)-4	Способность свободно пользоваться государственным языком Российской Федерации и иностранным языком как средством делового общения
ОПК(У)-5	Способность к активной социальной мобильности
ОПК(У)-6	Владение методами оценки репрезентативного материала, объема выборок при проведении количественных исследований, статистическими методами сравнения полученных данных и определения закономерностей
ОПК(У)-7	Способность использовать углубленные знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, разработке и осуществлении социально значимых проектов и использовать на практике навыки и умения в организации научно – исследовательских и научно – производственных работ, в управлении научным коллективом
ОПК(У)-8	Готовность к самостоятельной научно – исследовательской работе и работе в научном коллективе, способность порождать новые идеи (креативность)
ОПК(У)-9	Готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия

ДОПК(У)-1	Способностью использовать специальные и новые разделы экологии и геоэкологии и природопользования для решения научно – исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования, получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных, реферировать научные труды, составлять аналитические обзоры накопленных сведений в мировой науке и производственной деятельности, обобщать полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний и формулировать выводы и практические рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований
ПК(У)-2	Способностью творчески использовать в научной и производственно – технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры
ПК(У)-3	Владением основами проектирования, экспертно – аналитической деятельности и выполнения исследований с использованием современных подходов, и методов, аппаратуры и вычислительных комплексов
ПК(У)-4	Способностью использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований
ПК(У)-5	Способностью разрабатывать типовые природоохранные мероприятия и проводить оценку воздействия планируемых сооружений или иных форм хозяйственной деятельности на окружающую среду
ПК(У)-6	Способностью диагностировать проблемы охраны природы, разрабатывать практические рекомендации по ее охране и обеспечению устойчивого развития
ПК(У)-7	Способностью использовать нормативные документы, регламентирующие организацию производственно – технологических экологических работ и методически грамотно разрабатывать план мероприятий по экологическому аудиту, контролю за соблюдением экологических требований, экологическому управлению производственными процессами
ПК(У)-10	Владением теоретическими знаниями и практическими навыками для педагогической работы в образовательных организациях, уметь грамотно осуществлять учебно – методическую деятельность по планированию экологического образования и образования для устойчивого развития
ДПК(У)-1	Способность анализировать работу природоохранных объектов, очистных и защитных сооружений организации с точки зрения соответствия требованиям нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды
ДПК(У)-2	Способность контролировать состояние окружающей среды в районе расположения организации в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна

Тема работы:

Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 18.12.2020, №353-20/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <small>(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.).</small></p>	Научные публикации, фондовые источники, интернет ресурсы, самостоятельно собранный материал
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <small>(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).</small></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды городов с использованием листьев деревьев; 2.Физико-географическая характеристика г. Улан-Удэ; 3.Геоэкологическая характеристика и изученность территории г. Улан-Удэ; 3.Методы исследований;

	4.Содержание химических элементов в листьях тополя бальзамического на территории г. Улан-Удэ; 5.Социальная ответственность; 6.Финансовый менеджмент.
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Карта-схема отбора проб на территории г. Улан-Удэ; карты распределения химических элементов, показателя зольности, значений интегральных показателей на территории г. Улан-Удэ.
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Пашков Евгений Николаевич
Раздел на английском языке	Забродина Ирина Константиновна

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

Poplar leaves as the biogeochemical indicator of technogenesis

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юсупов Дмитрий Валерьевич	канд. геол.-минерал.наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2ГМ91	ФИО Тайкина Инна Андреевна
-----------------	-------------------------------

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.06. «Экология и природопользование»

Тема ВКР:

Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя
--

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования данные РЭМ, ИНАА и анализа ртути атомно-абсорбционным методом золы листьев тополя. Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе (541 ауд.) МИНОЦ «Урановая геология» отделения геологии ИШПР на пятом этаже 20 корпуса ТПУ. Область применения: организации занятые мониторингом окружающей среды, государственные органы, строительные организации.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.4.548–96; – ГОСТ 12.2.032-78; – СНиП 23-05-95 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – СНиП 21-01-97 - Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении; недостаточная освещённость рабочей зоны; электромагнитное поле; умственное перенапряжение и эмоциональные перегрузки; поражение электрическим током.
3. Экологическая безопасность:	Образование сточных вод, твёрдых коммунальных и электронных отходов, макулатуры в ходе деятельности в офисном помещении
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера: обрушение здания, пожар. Наиболее возможные чрезвычайные ситуации биолого-социального характера: пандемия, террористический акт. Наиболее типовая ЧС – пожар на рабочем месте по причине короткого замыкания или пожар в здании

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Пашков Евгений Николаевич	Кандидат технически наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.06. «Экология и природопользование»

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

Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Оценка конкурентоспособности технических решений»
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра 151 с., 46 рис., 36 табл., 118 источников.

Ключевые слова: эколого-геохимическая оценка, атмосферный воздух, содержание химических элементов, лист тополя, ртуть, город Улан-Удэ.

Объектом исследования являются листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на территории г. Улан-Удэ.

Предметом исследования являются химический и минеральный состав листьев тополя на территории г. Улан-Удэ.

Целью дипломной работы было провести эколого-биогеохимическую оценку состояния территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя и выявить возможные источники рассеяния химических элементов в атмосферном воздухе с помощью биогеохимических исследований.

В августе 2014 г. на территории г. Улан-Удэ отобраны 34 пробы листьев тополя бальзамического. В период 2016-2017 г. проведён инструментальный нейтронно-активационный и атомно-абсорбционный анализ проб. В 2020-2021 г. проведены электронно-микроскопические исследования минерального состава листвы тополя и рентгенофазовый анализ золы листьев.

Результаты лабораторных анализов обработаны с помощью программ: Microsoft Excel, Stastistica, Microsoft Word, Corel Draw и Surfer.

Область применения: полученные результаты могут быть полезны для планирования более детальных работ по исследованию г. Улан-Удэ, а также, подготовки программы работ по проведению биогеохимического мониторинга состояния окружающей среды и разработки природоохранных мероприятий.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ААС – Атомно-абсорбционная спектрофотометрия
- ВИМС – Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья имени Н.М. Федоровского
- ГОСТ – Госстандарт России (Государственный стандарт)
- ГСО – Государственный стандартный образец
- ДФО – Дальневосточный федеральный округ
- ЗВ – Загрязняющие вещества
- ИНАА – Инструментальный нейтронно-активационный анализ
- ИРТ-Т – Исследовательский реактор тепловой-Томский
- МДУ – Максимально допустимые уровни концентрации
- МИНОЦ – Международный инновационный научно-образовательный центр
- НИ ТПУ – Национальный исследовательский Томский политехнический университет
- НСАМ – Научный совет по аналитическим методам
- ООПТ – особо охраняемая природная территория
- ОСТ – Стандарт отрасли
- ПДК – Предельно допустимая концентрация
- ПО – предел обнаружения
- РЗЭ – редкоземельные элементы
- РСМА – Рентгеноспектральный микроанализ
- СЭМ – Сканирующий электронный микроскоп
- ТПУ – Томский политехнический университет
- ТЭК – топливно-энергетический комплекс
- У-У ЛВРЗ – Улан-Удэнский локомотивовогоноремонтный завод
- УУАЗ – Улан-Удэнский авиационный завод
- УУСМ – Улан-Удэстальмост

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	13
1 ЛИСТЬЯ ТОПОЛЯ КАК БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ТЕХНОГЕНЕЗА	17
2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. УЛАН-УДЭ.....	28
2.1 Физико-географическое положение	28
2.2. Климат	33
2.3. Поверхностные и подземные воды.....	35
2.1.5. Почвенный покров	36
3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ Г. УЛАН- УДЭ.....	38
3.1 Источники воздействия на окружающую среду	38
3.2 Состояние атмосферного воздуха.....	41
3.3 Состояние поверхностных и подземных вод.....	45
3.4 Состояние почвенно-растительного покрова	48
3.5 Экологически обусловленная заболеваемость населения.....	49
4 МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	51
4.1 Отбор и подготовка проб листьев тополя.....	51
4.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ.....	52
4.4. Атомно-абсорбционный анализ ртути.....	54
4.5 Электронно-микроскопические исследования	56
4.6 Рентгеновская дифрактометрия.....	58
4.7 Методика обработки аналитической информации.....	60
5 СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. УЛАН-УДЭ.....	63
5.1 Общая биогеохимическая характеристика территории.....	63
5.2 Биогеохимические ореолы ртути	72
5.3 Интегральная оценка содержания элементов в листьях тополя	73
5.4 Содержание зольных веществ в листьях тополя	76

6	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	83
6.1	Предпроектный анализ	84
6.1.1.	Потенциальные потребители результатов исследования	84
6.1.2.	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	84
6.1.3.	SWOT-анализ.....	85
6.1.4.	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	88
6.1.5.	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	90
6.2.	Инициация проекта	90
6.3.	Планирование управления научно-техническим проектом.....	92
6.3.1.	Иерархическая структура работ проекта.....	92
6.3.2.	План проект.....	93
6.4.	Бюджет научного исследования	94
6.4.1.	Организационная структура проекта	99
6.4.2.	План управления коммуникациями проекта	99
6.4.3.	Реестр рисков проекта	100
6.5.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	100
6.5.1.	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	100
6.6.	Оценка сравнительной эффективности исследования	105
7	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	109
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	110
7.2	Производственная безопасность.....	110
7.3	Экологическая безопасность	119
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	119
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	122
	Приложение А	127
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	138

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Современный процесс урбанизации и ряд экологических проблем, сопровождающих его, вызывают острую необходимость в комплексной оценке состояния компонентов окружающей среды на урбанизированных территориях с использованием эффективных, зарекомендовавших себя методов исследования состояния компонентов природной среды, в частности атмосферного воздуха. Среди таких методов биогеохимических исследований важное место занимает метод – биомониторинг, позволяющий путём опробования биологических объектов (тест-индикаторов) качественно и количественно оценить состояние окружающей среды за счёт информации о содержании загрязняющего вещества в организме и его ответной реакции на загрязнитель [3]. Согласно литературным источникам, высшие растения часто используются для мониторинга различных видов загрязнения атмосферного воздуха на урбанизированных территориях последние 30 лет [20, 27, 90, 81 и др.]. Среди используемых видов также есть тополь, его листья хорошо подходят на роль биомонитора в таких исследованиях.

На территории исследования г. Улан-Удэ очень актуальна проблема загрязнения атмосферного воздуха. Улан-Удэ входил в список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы с 2005 – 2015 годы. Именно высокое загрязнения атмосферного воздуха здесь является причиной 14,2 % смертей среди всего населения [11]. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит автотранспорт, печное отопление, машиностроение, теплоэнергетика.

Объектом исследования стали листья тополя бальзамического (*Populus balsamefera* L.) на территории г. Улан-Удэ.

Предметом исследования стал химический и минеральный состав листьев тополя на территории г. Улан-Удэ.

Цель работы: провести эколого-биогеохимическую оценку состояния территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя и выявить возможные источники рассеяния химических элементов в атмосферном воздухе с помощью биогеохимических исследований.

Задачи:

- 1) Провести поиск и изучить научную и методическую литературу по данной тематике;
- 2) Подготовить пробы для лабораторных исследований;
- 3) Определить элементный состав золы листьев тополя инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА);
- 4) Провести электронно-микроскопические исследования;
- 5) Провести рентгенофазовый анализ проб листьев;
- 6) Провести статистическую обработку полученных данных;
- 7) Построить карты, изучить пространственное распределение анализируемых химических элементов на территории города;
- 8) Сделать выводы и установить возможные источники загрязнения.

Научная новизна работы:

- впервые получены данные по элементному составу золы листьев тополя бальзамического согласно данным ИНАА по г. Улан-Удэ;
- построены геохимические ряды и карты-схемы распределения химических элементов в золе листьев тополя, отражающие современное состояние загрязнения компонентов окружающей среды;
- изучено содержание зольных веществ в листьях тополя и распределение показателя зольности листьев, отражающего пылевую нагрузку;
- рассчитаны такие интегральные показатели, как: аддитивный показатель (Ag_i); коэффициент биогеохимической трансформации ($Z\nu$); коэффициент Шоу (R). Это позволило провести интегральную оценку

характера загрязнения атмосферного воздуха г. Улан-Удэ и ранжировать территории по степени загрязнения.

Практическая значимость работы:

- полученные данные могут быть использованы для разработки природоохранных мероприятий;
- полученные данные могут быть использованы для выявления источников загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Улан-Удэ;
- полученные данные могут быть использованы в учебных целях научных исследованиях.

Фактические материалы и методы исследования. Материалы для работы были получены в августе 2014 г. Всего отобрано и проанализировано 34 пробы листьев тополя бальзамического. Равномерная сеть отбора проб составила 2×2 км. Пробы отбирались и обрабатывались по стандартным методикам в соответствии с нормативными документами.

В ходе работы были выполнены определение содержания химических элементов инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

Результаты лабораторных анализов проб обрабатывались в программах Microsoft Excel, Word и Statistica, построение и оформление картосхем распределения химических элементов выполнено с помощью программного обеспечения Surfer и Corel Draw.

Апробация работы. Основные результаты и выводы тезисы диссертации докладывались на XXIV и XXV Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (г. Томск, 2020, 2021).

Объём и структура диссертации: работа состоит из введения 7 глав, заключения, списка литературы, содержит 36 табл., 46 рисунков, 1 приложения. Объём рукописи - 151 страниц машинного текста.

Благодарности. Автор глубоко благодарен и признателен научному руководителю, доценту, кандидату геолого-минералогических наук, Дмитрию

Валерьевичу Юсупову, за отзывчивость, оперативную помощь и ценные советы на всём протяжении выполнения работы, за замечательный пример научного руководства и профессионализма.

Автор благодарит ассистента отделения геологии ИШПР, к.г-м.н. Ильенка Сергея Сергеевича и аспиранта Дорохову Любовь Александровну за помощь в освоении и проведении электронно-микроскопических исследований. Автор признателен аналитикам: инженеру ТПУ Судыко Александру Федоровичу и технику Богутской Ларисе Васильевне за проведение инструментального нейтронно-активационного анализа; доценту, к.г-м.н. Соктоеву Булату Ринчиновичу за проведение рентгенофазового анализа; аспиранту Турсуналиевой Елене Муратовне за проведение атомно-абсорбционного анализа ртути в листьях. Автор выражает благодарность профессору, д.г-м.н. Рихванову Леониду Петровичу за незаменимые советы, рекомендации, помощь и внимание к работе, а также профессору, д.б.н. Барановской Наталье Владимировне. Автор благодарен всем сотрудникам отделения геологии ИШПР ТПУ за помощь и поддержку, ценные советы и рекомендации.

1 ЛИСТЬЯ ТОПОЛЯ КАК БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ТЕХНОГЕНЕЗА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Биогеохимический мониторинг – это научный подход при оценке современного состояния ландшафтов, геосистем, наземных и водных экосистем в связи с их загрязнением химическими элементами [27].

Биогеохимический мониторинг основывается на том, что элементный состав живого вещества, способен изменяться в соответствии с уровнем загрязнения окружающей среды и, как следствие, отражает состояние абиотических компонентов окружающей среды [27]. Данный метод является подходящим для геоэкологических исследований урбанизированных территорий и повсеместно применяется в научных и практических исследованиях.

В конце 80-х – начале 90-х гг. в ХХ появилась идея о применении биогеохимического мониторинга в качестве специализированного научного подхода для проведения оценки современного состояния, а также для прогнозирования изменений ландшафтов и геосистем под воздействием техногенеза и загрязнений химическими элементами, которые им вызваны [27].

Следует разделять понятия биогеохимический и экологический мониторинг, они не являются синонимами, так как первый основан на теоретической и прикладной биогеохимии, а второй на прикладной экологии, и больше связан с общим биологическим мониторингом [29].

Также следует учесть различие понятий биоиндикация и биомониторинг. Биоиндикатор – это организм, содержащий информацию о качественной оценке состояния окружающей среды. Биомонитор содержит информацию о количественной оценке состояния окружающей среды [3]. Таким образом, биоиндикация позволяет узнать о наличии интересующего нас

химического элемента или вещества, а биомониторинг о его количественном содержании.

Биогеохимический метод поисков рудных месторождений по растениям и почвам сыграл большую роль в развитии биогеохимического мониторинга. Этот метод пригоден для определения и природных и техногенных ореолов рассеивания химических элементов, а также тяжёлых металлов. Благодаря этому представляется возможным использовать основные приёмы биогеохимического метода как в поисковой, техногенной биогеохимии, так и биогеохимическом мониторинге окружающей среды путём опробования биообъектов (тест-индикаторов) [27].

Как в российских, так и в зарубежных научных исследованиях, высшие растения часто используются для мониторинга различных видов загрязнения последние 40-50 лет, из которых около 30 лет, используются для мониторинга и оценки состояния атмосферного состояния воздуха и почвы на урбанизированных территориях с. Это такие растения, как *Acer pseudoplatanus*, *Lobularia maritima*, *Malva sylvestris*, *Mercurialis annua*, *Senecium vulgaris* and *Solanum nigrum* и различные виды тополей: *Populus Nigra* N., *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus pyramidalis*, *Populus maximowiczii* и др.

Высшие растения способны активно поглощать и аккумулировать загрязняющие вещества из приземного слоя атмосферы. Множество исследования в городах Китая, Великобритании и США подтверждают, что растения важны для снижения концентрации взвешенных частиц в воздухе (*Xiaowu Xu, Zhenming Zhang, Le Bao* и др.) [90].

Загрязняющие вещества поступают при мокрых или сухих выпадениях и могут как остаться на поверхности листьев и других частях растения, так и проникнуть в организм через листья и/или корни. Известно, что растительность поглощает и связывает около 50-60% токсичных газов, в то время как атмосферная влага – 5-20%, почва – 5-10%, водоемы и животные – менее 5%.

Согласно Р. Баргальи (2005) при выборе вида высшего растения-биомонитора выдвигается несколько основных требований [3]:

1. чувствительность к изучаемому поллютанту;
2. широкое распространение и длительный вегетационный период или способность к хорошему росту в стандартизированных условиях в районе исследования;
3. минимальная подвижность;
4. длительный жизненный цикл;
5. растение не должно поглощать вещества из субстрата;
6. растение должно быть способным аккумулировать поллютанты в концентрациях, отражающих таковые в окружающей среде.

Реакция растений на загрязнитель зависит от нескольких факторов: физиологического состояния самого растения; его чувствительности к определённым химическим элементам и загрязнителям; концентрации загрязнителя и продолжительности его воздействия.

Микроэлементы поступают, а затем накапливаются в растениях несколькими путями. При поглощении корневой системой из почвы, микроэлементы перерабатываются и затем ассимилируются на поверхностных участках растения. Затем вместе с опавшими листьями микроэлементы возвращаются в почву и могут накапливаться в слое перегноя и проникнуть в растение в следующий вегетационный период. Привнос ЗВ в продуктивный слой почвы может также происходить с поверхностными водами, дождевыми осадками, а также пылевыми осадками из атмосферы. В последнем случае ЗВ попадают на поверхность листовой пластины, прилипая к клейкой части листа.

Таким образом, состав листьев может быть результатом как миграции элементов из почвы, так и адсорбции из атмосферного воздуха. Об этом существуют сведения в ряде научных исследований (Simon et al. 2001, 2014, и др., Censi, F. Cibella, E.E. Falcone), показывающих, например, как часть ионов металлов, содержащихся в листьях может поступать через корневую систему.

Степень адсорбции из воздуха зависит от размера устьиц и плотности их распределения на поверхности листовой пластины – это наиболее важные характеристики, определяющие количество захватываемых твёрдых частиц и тяжёлых металлов [86, 77, 76].

Рассмотрим механизм попадания ЗВ в листовую пластину. Всего можно выделить покровную, основную питательную, проводящую и механическую виды тканей (Рисунок 1) [4].

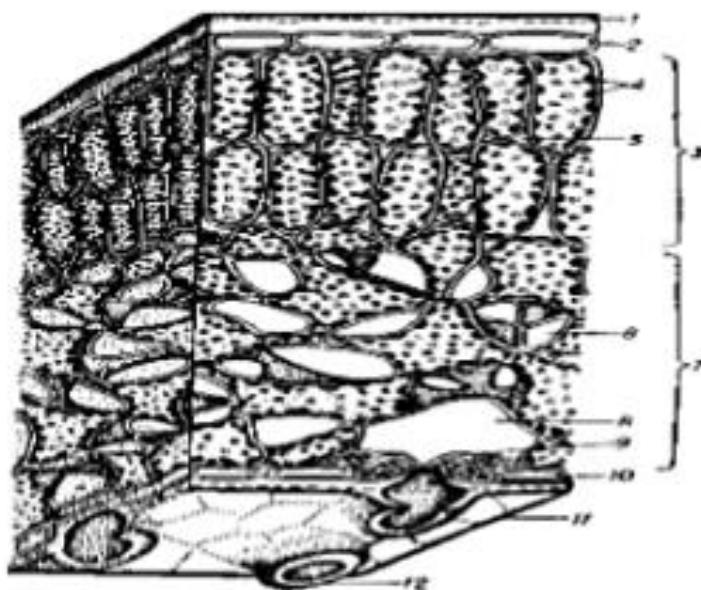


Рисунок 1 – Строение листа [4]

Примечание: 1 – кутикула, 2 – верхний эпидермис, 3 – палисадная ткань, 4 – хлорофилловые зерна, 5,6 – воздухоносные межклетники, 7 – губчатая ткань, 8 – крупный воздухоносный межклетник, или т.н. дыхательная полость устьица, 9 – замыкающая клетка устьица, 10 – нижний эпидермис в разрезе, 11 – нижний эпидермис в плане, 12 – кутикулярный валик.

С помощью такого листового аппарата растение способно извлечь химические элементы из атмосферы. Лист окружает кутикула – это воскоподобное вещество под ним располагаются клетки паренхимы, содержащие хлорофилл. Глубже находятся клетки губчатой паренхимы с межклетниками, заполненными воздухом. В паренхиме расположены сосуды

проводящего пучка. Устьичные клетки располагаются на нижней части листовой пластинки у наземных растений (Рисунок 2) [4].

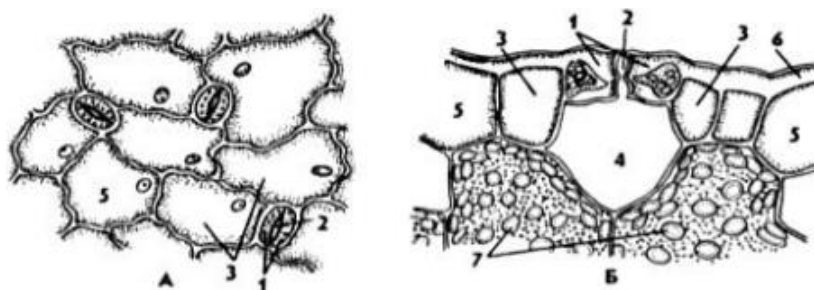


Рисунок 2 – Схема строения устьица листа растений (А – вид на эпидерму сверху, Б – поперечный разрез устьичного аппарата). 1 – замыкающие клетки, 2 – устьичная щель, 3 – побочные клетки, 4 – дыхательная полость, 5 – эпидермальные клетки, 6 – кутикула, 7 – клетки мезофилла, заполненные хлоропластами [4]

Устьичные клетки отвечают за дыхание и контролируют транспирацию и газообмен. На 1 мм² поверхности листовой пластины находится от 40-300 до 1 млн устьиц, через которые вещества поступают в лист и выделяются наружу. В темное время суток Устьица закрываются, а в светлое время суток происходит фотосинтез в их замыкающих клетках.

Поступление пылей и аэрозолей в листья из воздуха происходит при пылевом осаждении, когда взвешенные частицы прилипают к клейкой части листа. С помощью кутикулярного слоя и клеток эпидермиса происходит сорбция, а затем вещества транспортируются к соседним тканям и накапливаются в клетках.

При загрязнении поверхности листа пылью и аэрозолями происходит перегрев, что приводит к переходу загрязняющих веществ внутрь листьев. Ввиду того, что листья прямые органы-мишени для атмосферного загрязнения, на них наиболее часто наблюдаются такие симптомы поражения, как некрозы, хлорозы, изменения окраски или ожоги, преждевременный листопад и подавление роста.

Листья, в отличие от других частей растений, наиболее часто выступают в роли объекта исследования потому что они являются наиболее пластичными органами растений [31] и обладают высокой зольностью (5-10% и выше) [34].

Стоит учитывать то, что при выпадении атмосферных осадков происходит смыв части ЗВ, осевших и закрепившихся в листовой пластине. Известно китайское исследование листьев тополя войлочного (*Populus tomentosa Carrière*) наряду с другими породами деревьев. Результаты показали, что скорость смыва взвешенных частиц не зависит только от количества осадков, стоит учитывать срок аккумуляции и максимальную ёмкость листовой пластины. Скорость смыва сильно зависит от условий роста и от характеристик самого растения. Скорость смыва твёрдых частиц увеличивается по экспоненте с увеличением количества осадков [90].

Листья тополя зарекомендовали себя как эффективный биоиндикатор атмосферного загрязнения на урбанизированных территориях по ряду причин:

1. Морфологические особенности листовой пластины тополя (наличие шероховатой поверхности и клейкого воска, расположение устьиц с обеих сторон листа) способствуют накоплению широкого ряда загрязняющих веществ из атмосферного воздуха;

2. Тополь широко встречается в городских территориях умеренного пояса для озеленения городов и санитарно-защитных полос, что делает доступной биогеохимическую съёмку в городах с относительно равномерной сетью и в различных масштабах. Это делает возможным выявление локальных и региональных источников загрязнения атмосферного воздуха, а также трансграничного переноса элементов;

3. Тополя имеют мощную крону, поэтому огромная масса листьев способна поглотить и отфильтровать большое количество атмосферных загрязнителей (Рисунок 3);

4. Листья подвергаются воздействию только в течении тёплого периода, что позволяет определить период времени за который произошло загрязнение атмосферного воздуха [118].

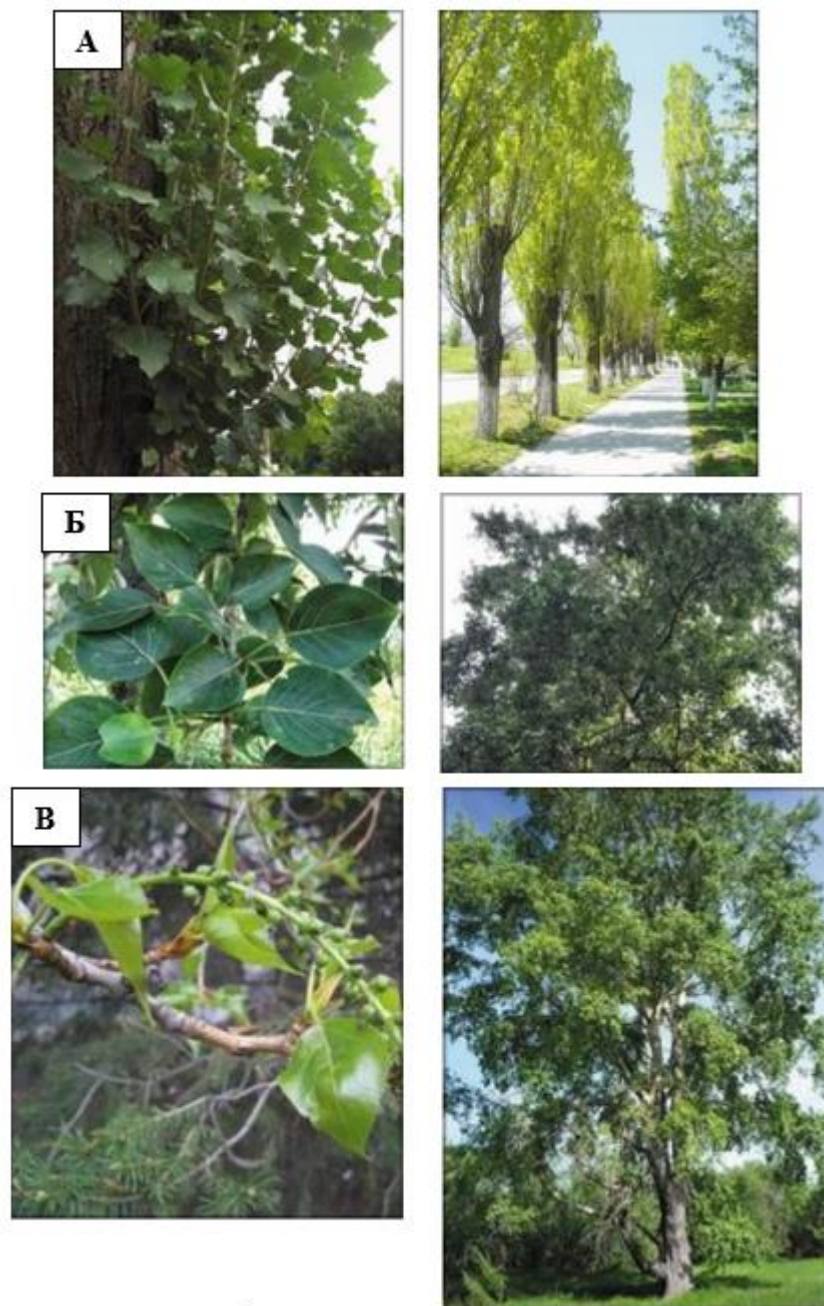


Рисунок 3 – Некоторые виды тополя, используемые в биогеохимическом мониторинге: А – Тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis*); Б –Тополь Максимовича (*Populus maximowiczii*); В –Тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) [118]

В настоящее время в промышленной экологии химический метод преобладает как подход для оценки накопления токсичных поллютантов в тканях растений при изучении техногенного воздействия [48].

Химический анализ проводится как для неотмытого, так и для отмытого материала, а также для смыва с поверхности листа. В основном используют первый способ, в силу того, что это позволяет выявить суммарную картину аккумуляции. Анализ отмытых листьев, в свою очередь, позволяет оценить содержание загрязняющих веществ прочно зафиксированных внутри листовой пластины [48].

Листья тополя в качестве биоиндикаторов используются в научных биогеохимических исследованиях различных урбанизированных территорий, обладающих своей геохимической и промышленной спецификой. Существуют исследования разнообразного и многокомпонентного техногенного воздействия территорий, подверженных влиянию выбросов предприятия металлургического, топливно-энергетического, машиностроительного, нефтехимического и других комплексов [74]. Так в исследовании особенностей пространственного распределения элементов на территории г. Усть-Каменогорск, выявлены характерные для этой территории элементы-загрязнители Ялалтдиновой А. и др. (2017) [72].

При изучении ртути большинство исследований рассматривают поглощение ртути листьями из атмосферного воздуха, однако, в случае с хвостохранилищами на растения потенциально оказывает воздействие как почвенная, так и атмосферная ртуть. Так, в исследовании *M. Assad, J. Parelle, D. Cazaux и др.* оценивается относительный вклад корневого и атмосферного пути попадания ртути в листья тополя. Результаты позволили сказать, что ртуть попадает в листья тополя преимущественно атмосферным путём [83]. К схожим выводам пришли в своих исследованиях *G. Eriksen и др. 2003, G. Eriksen и др. 2004, Laacouri и др. 2013* [78, 92, 82]. Таким образом, листья тополя могут быть индикатором загрязнения ртутью в атмосферном воздухе независимо от величины содержания ртути в почве.

Известны исследования Юсупова Д.В. и др. (2018), в которых изучалось накопление ртути в листьях тополя на урбанизированных территориях юга Сибири и Дальнего Востока. В результате выявлены анатомические и

морфологические изменения листовой пластины. Кроме этого установлен зональный характер распределения ртути по площади листовой пластины [70].

С помощью листьев тополя также проводятся исследования атмосферного загрязнения воздуха тяжёлыми металлами. Тяжёлые металлы в неорганических загрязнителях могут поступать в окружающую среду от транспорта, промышленности и сжигания ископаемого топлива. Оседающие из воздуха загрязнители могут храниться на поверхности листьев и усиливать вредный эффект для здоровья человека.

Есенжоловой А.Ж. и Паниным М.С. (2012) были выявлены наиболее информативные виды тополя для индикации загрязнения атмосферного воздуха тяжёлыми металлами в г. Темиртау [31]. Выяснено, что содержание тяжелых металлов и зольность листьев возрастает прямо пропорционально той техногенной нагрузке, которой они подвергаются [58].

Существуют биогеохимические исследования по изучению и выявлению источников трансграничного загрязнения окружающей среды с использованием листьев тополя [51].

Листья тополя наряду с другими частями растений (корни, ветки, цветы и др.) могут использоваться как накопители информации о радиоактивном загрязнении окружающей среды в (n, f)-радиографии (Рисунок 4) [6].

В ряде выпускных квалификационных работ по городам Сибири и Дальнего Востока выявлено, что особенности геологического строения территории и ее минералогия обуславливают накопление в листьях тополя специфических для данных территорий элементов природного генезиса, в том числе и радиоактивных.

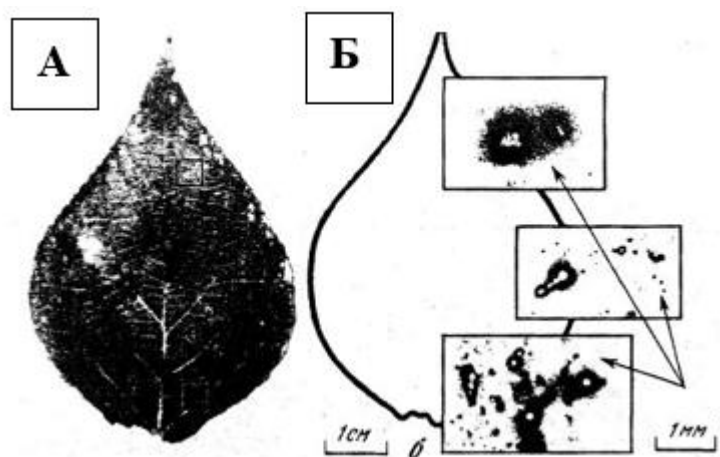


Рисунок 4 – Распределение урана в листе тополя, произрастающего в 20 км от уранового месторождения (А – лист тополя, Б – детектор) [6]

Например, особенности геологического строения и состава местных материнских пород на территории г. Читы [59], г. Иркутска [52], г. Владивостока [55] и г. Благовещенска [20] создают в листьях тополя повышенные концентрации урана и тория относительно фоновых содержаний. Также повышенные содержания радиоактивных элементов выявлены в г. Краснокаменск, где фактор «петрофонда» усиливается техногенным – усиленным открытой и подземной добычей, а также переработкой, и транспортировкой урановой руды, и хранением продуктов переработки [53]. Техногенные аномалии радиоактивного тория выявлены также в Барнауле [1], Тобольске [66]. В г. Новосибирск обнаружены природные аномалии тория и техногенные – урана [61].

Известны исследования показывающие ведущую роль петрогенного фактора в наличии относительно высоких содержаний РЗЭ в пробах на территории таких городов, как: Благовещенск, Иркутск, Краснокаменск и Владивосток, Улан-Удэ [56,57]. Исследование по оценке роли пылевого загрязнения атмосферного воздуха в следствии дефляции на урбанизированных территориях России, проведённое *Дороховой и др., 2020*, показало преобладание природного фактора во влиянии на содержание практически всей группы РЗЭ в пробах листьев. Это, вероятно, обусловлено

нахождением в атмосфере большого количества минеральной пыли, состоящей из собственных минералов РЗЭ [21].

Биогеохимический мониторинг с помощью листьев тополя позволяет также отследить влияние выбросов конкретных объектов теплоэнергетики, различных промышленных объектов (нефтеперерабатывающие, машиностроительные заводы и т.д.). Такие исследования проводились для таких городов, как Тобольск [46], Омск [19], Барнаул [1], Чита [59], Комсомольск-на-Амуре [70].

В исследовании *Mohamad Assad, Fabienne Tatin Froux, Damien Blaudez, 2016*, листья тополя наряду с некоторыми пищевыми культурами выступили как тест-объект для мониторинга миграции тяжёлых металлов из почвы в растительность в техногенной обстановке (захоронения титановой руды) [85].

Таким образом, вышеперечисленные факты и исследования показывают, что листья тополя могут рассматриваться как один из главных объектов в биогеохимических исследованиях состояния приземного слоя атмосферного воздуха урбанизированных территорий в умеренных широтах. Биогеохимический мониторинг с помощью листьев тополя позволяет проводить исследования территорий с различной промышленной специализацией и петрогенной спецификой, выявить вклад как техногенного, так и «петрогенного» фактора, а также трансграничный привнос загрязняющих веществ.

2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. УЛАН-УДЭ

2.1 Физико-географическое положение

Исследования проведены на территории г. Улан-Удэ. Город является столицей Республики Бурятия. Республика Бурятия граничит Забайкальским краем на востоке, с Монгольской Народной Республикой – на юге, с Республикой Тыва – на западе и Иркутской областью – на севере.

Улан-Удэ располагается у слияния р. Селенги и её притока р. Уды. Город является крупным научным, культурным и промышленным центром Восточной Сибири (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Административное положение г. Улан-Удэ [16]

Улан-Удэ образует городской округ. Это город республиканского значения. Население — 435 496 человек (2019). Площадь города составляет 365,71 км² [16].

Улан-Удэ с 2018 года входит в Дальневосточный федеральный округ (ДФО), является третьим по величине городом ДФО, и уступает по численности населения лишь Владивостоку и Хабаровску. В 100 км к востоку от Улан-Удэ находится оз. Байкал.

2.2. Геологическое строение и рельеф

Территория г. Улан-Удэ расположена в пределах Байкальской складчатой области. Северная часть территории города сложена преимущественно гранитоидными комплексами пород с редкоземельной геохимической специализацией (Рисунок 6) [63].

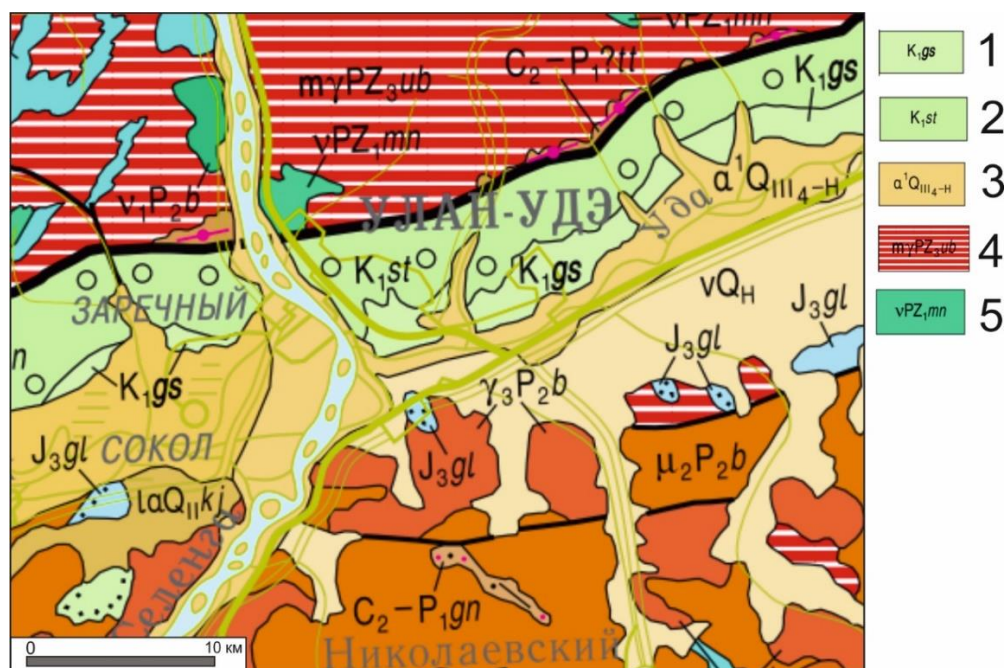


Рисунок 6 – Фрагмент геологической карты территории Забайкалья [14]

Примечание: 1 – Гусиноозёрская серия нерасчленённая; 2 – Сотниковская свита; 3 – аллювий первых надпойменных террас; 4 – Улан-Бургасский комплекс метаморфический; 5 – Моностойский комплекс габбровый.

В пределах г. Улан-Удэ известны несколько проявлений с бастнезит-флюоритовой минерализацией и выраженной редкоземельной специализацией. Содержание бастнезита (Ce) – 20-30%, нередко достигая 50%. Как второстепенный присутствует монацит (Ce). Особенностью местных бастнезит-флюоритов является повышенная радиоактивность (20-50 мкР/ч), что вызвано присутствием тория в бастнезите, монаците и вкраплённостях торита [51]. Геохимической особенностью пород Улан-Удэнского редкоземельного проявления является высокая концентрация флюорита (до 50% и более).

Отложения гусиноозерской серии развиты в пределах Иволгино-Удинской межгорной впадины мезозойского возраста. Разрез сотниковской свиты представлен грубообломочными отложениями – брекчиями, валунными конгломератами с прослоями несортированных песчаников. Для пород сотниковской свиты характерно относительно повышенные средние содержания U и Th (до 4,5 и 17,5 г/т соответственно). Причём значения содержаний на правом берегу Уды, в среднем намного выше, по сравнению с левобережьем [49]. Стоит упомянуть, что территория Бурятии в целом входит в состав крупнейшей в России Забайкальской ураноносной провинции.

Породы сотниковской свиты залегают на размытой поверхности кристаллического фундамента. Кристаллический фундамент впадины и горное обрамление образуют интрузивные и метаморфические породы. Северные окраины Улан-Удэ расположены на предгорном пролювиальном шлейфе суглинистого состава и частично в пределах Улан-бургасского комплекса метаморфических пород.

Кристаллический фундамент северо-западной окраины (в 2 км от берега р. Селенга) сформирован протерозойскими и палеозойскими гранитоидами. Фундамент здесь перекрыт, как правило, чехлом рыхлых четвертичных отложений мощностью 1,5 – 20 м такими как: гравийно-галечниковые; дресвяно-щебнистые и песчаные разности (современные аллювиальные и делювиально-пролювиальные отложения); а также техногенные образования (насыпные грунты различного литологического состава) [36].

Центральная и южная части города представлены неоген четвертичными осадочными отложениями эолового, пролювиально-делювиального генетических типов. В составе отложений преобладают тонко-, мелкозернистые пески, супеси с примесью дресвы, щебня и лессовидные суглинки. Аллювиально-пролювиальные отложения слагают долины рек [15]. К зоне распространения аллювиальных отложений относится и центральная часть территории города. Здесь находятся аллювиальные отложения I-II надпойменной террасы песчаного состава. Террасу слагают чередование

выступов гранитоидного фундамента с литологически различными осадочными породами позднего мезозоя.

Улан-Удэ находится в преимущественно среднегорной области на днище Иволгино-Удинской межгорной впадины. Она представляет собой ровную террасированную поверхность, вытянутую в широтном направлении, граничащую с севера хребтами Хамар-Дабан и Улан-Бургасы, с юга – хребтами Ганзуринский и Цаган-Дабан. [27]. Впадина разбивается на отдельные блоки системой более молодых продольных, оперяющих секущих разломов.

В окрестностях города распространены: эоловые песчаные толщи; сложный рельеф; как древние, так и современные аккумулятивные и дефляционные формы эолового рельефа (Рисунок 7 и Рисунок 8). Степень обнаженности района удовлетворительная. Хорошо обнажены эрозионные уступы долины р. Селенга [27].

Разница относительных высот рельефа на территории исследования более 300 м. Пойменная часть Улан-Удэ занимает наиболее низкое гипсометрическое положение (абсолютные высоты около 500 м). Для пойменных экосистем Улан-Удэ в целом характерна гидроморфность с высокой степенью экологической стабильности и устойчивостью в засушливых условиях внутригорных котловин.

Фоновая сейсмичность территории Улан-Удэ – 8 баллов [16]. Улан-Удэ относится к группе котловинных городов со слабой рассеивающей способностью атмосферного воздуха. С учётом местных природно-климатических условий (частая инверсия, застойные явления в атмосфере) на территории города возникают условия, способствующие накоплению загрязняющих веществ (ЗВ) в приземном атмосферном воздухе.

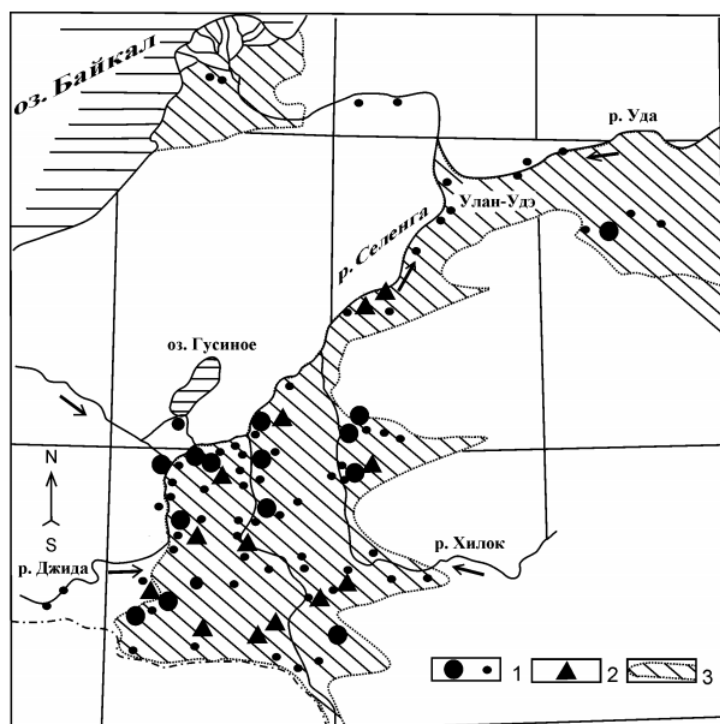


Рисунок 7 – Схема распространения эоловых отложений в Восточном Прибайкалье и Западном Забайкалье [64],

Примечание: 1 – главные пункты распространения сыпучих песков по А.В. Иванову (1966) [43]; 2 – главные пункты распространения сыпучих песков по В.А. Обручеву (1912) [25]; 3 – районы распространения мощных песчаных отложений.

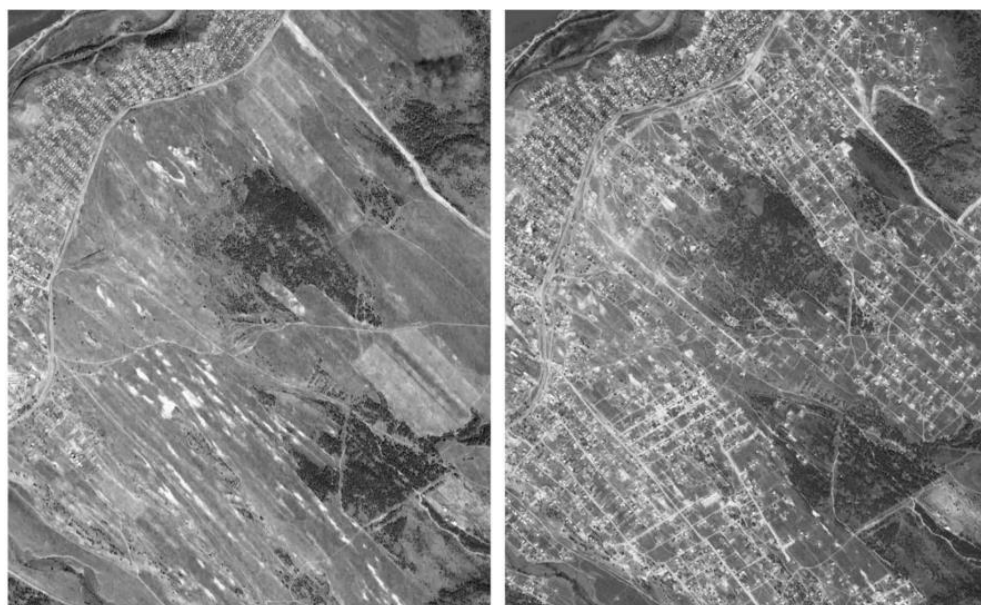


Рисунок 8 – Эоловые ландшафты территории правобережья р. Селенги (слева – общий вид до начала селитебного освоения; справа – современная застройка) [138]

2.2. Климат

На основные черты климата Улан-Удэ оказывают влияние преимущественно значительная высота относительно уровня моря и расположение в глубине азиатского материка [17]. Это зона умеренного климатического пояса с преобладанием континентальных полярных воздушных масс, а также преимущественно конвективным типом погоды летом и радиационного выхолаживания антициклонами зимой.

На климат Улан-Удэ также оказывает влияние оз. Байкал. Это проявляется, как правило, в таких параметрах, как: характер распределения облачности; промерзание и оттаивание почв; ход образования ледового покрова и вскрытия рек.

Для климата Улан-Удэ в течение года характерно преобладание слабых и умеренных скоростей ветра 1–5 м/с. Весной и летом здесь преобладают северо-западные ветры, в то время как в период зима-осень западные и восточные (Рисунок 9).

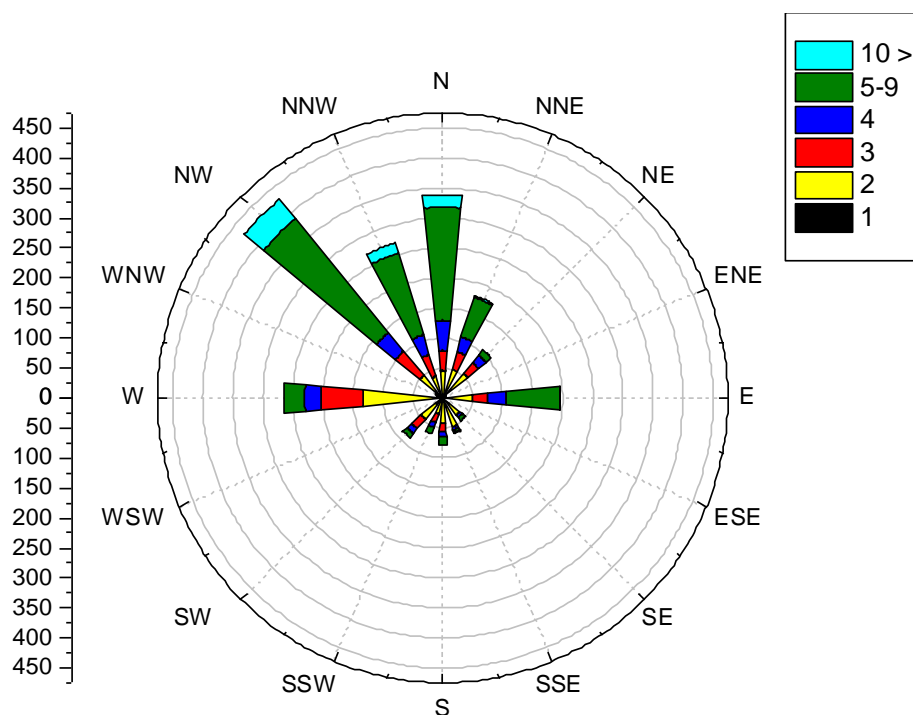


Рисунок 9 – Летняя роза ветров г. Улан-Удэ построенная в программе Origin Lab по данным gp5.ru [112]

Средняя температура воздуха в Улан-Удэ -1.1°C . Июль со средней температурой 19.0°C является самым жарким месяцем года, январь со средней температурой -24.0°C самым холодным (Рисунок 10) [111].

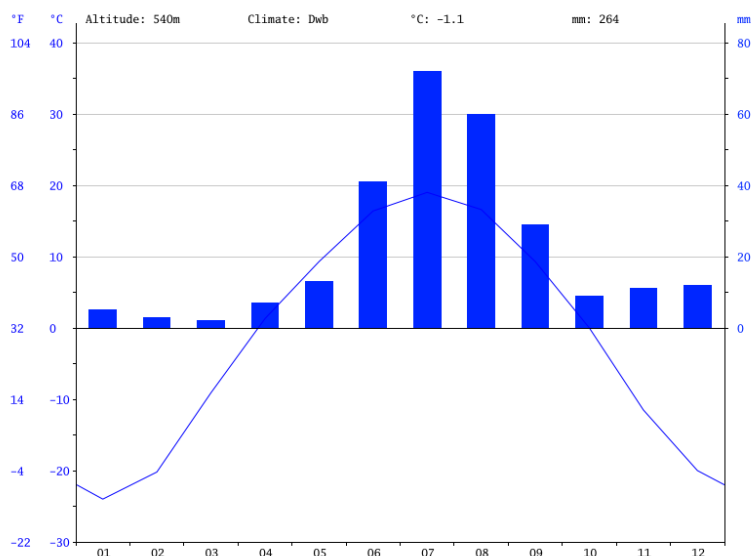


Рисунок 10 – График изменения температуры воздуха в г. Улан-Удэ [110]

В январе наступает малооблачная, маловетренная или штилевая погода с минимальным количеством в году количеством осадков [110]. В этот период существенных осадков не выпадает и поэтому мощность снегового покрова невелика (Рисунок 11).

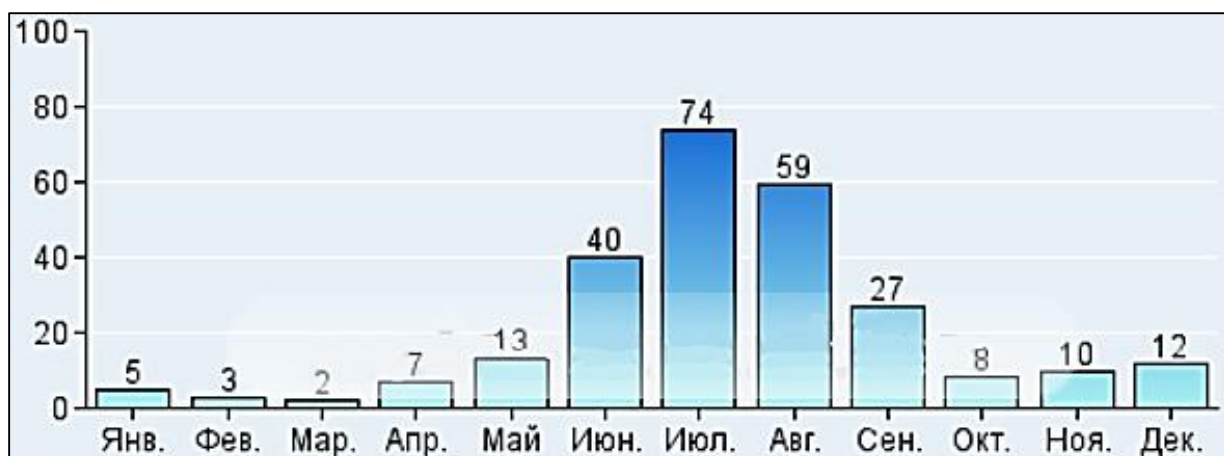


Рисунок 11 – График количества атмосферных осадков в г. Улан-Удэ Удэ [111]

В июле-августе постепенно усиливается циклоническая деятельность, в результате чего с Тихого океана поступают влажные воздушные массы. Увеличивается скорость ветра и выпадает основная масса атмосферных осадков: на июль и август приходится 60-70 % годовой нормы.

2.3. Поверхностные и подземные воды

Сложные гидрологические условия территории исследования г. Улан-Удэ связаны со сложностью геологического строения, а также климатическими и геоморфологическими особенностями территории [4].

Подземные воды района делятся на грунтовые, артезианские, а также воды зон тектонических нарушений по условиям залегания и гидравлическому состоянию.

В бассейн р. Селенга входят все местные реки, ручьи и временные водотоки. Вода в р. Селенга по химическому составу гидрокарбонатная, магниевая-кальциевая, минерализация 100–140 мг-дм³. Река судоходна в период с мая по октябрь.

Период проливных дождей в г. Улан-Удэ приходится на июль-август. В этот период р. Селенга выходит из берегов и наблюдаются небольшие весенние паводки, сопровождающиеся затоплением прибрежной зоны в районе г. Улан-Удэ. В связи с тем, что для данной территории характерна усиленная сейсмическая активность, в случае наложения землетрясения и наводнения в зонах затопления возможен социальный, экологический и экономический ущерб [15].

Селенга – это крупная река протяжённостью 1024 км берёт начало на территории Монголии, 46% её годового стока формируется там. Протекая через республику Бурятия, впадает в оз. Байкал, являясь основным его притоком, на который приходится около половины речных вод, поступающих в озеро, и до 70% всего терригенного притока. На входе в оз. Байкал, р. Селенга образует дельту, которая входит в список уникальных природных явлений планетарной значимости, и включена Центральную в охранную зону оз. Байкал. В восточной части дельты находится федеральный орнитологический

заказник «Кабанский». Питание реки преимущественно дождевое. Река имеет значительный гидроэнергетический потенциал.

Река Уда является правым притоком р. Селенги и протекает на 467 км в юго-западном направлении по территории республики Бурятия. Питание преимущественно снеговое и дождевое. Удинская долина разделяет горные системы Прибайкалья и Западного Забайкалья, являясь структурой Джидинов-Витимской впадины. В среднем бассейне реки, по притокам расположены четыре заказника республики Бурятия.

Основным источником централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения г. Улан-Удэ являются подземные воды. Большую часть запасов хозяйственно-питьевого водоснабжения, составляют запасы месторождений: Спасское, Большой Улан, Богородское [116].

2.1.5. Почвенный покров

Для территории г. Улан-Удэ характерна пестрота почвенного покрова, обусловленная воздействием зональных и интразональных факторов, а также сложным геологическим строением. Сложность геологического строения обуславливает наличие различных почвообразующих пород и форм рельефа. В почвенном покрове пойменных территорий развиты болотные и лугово-болотные, аллювиальные дерновые почвы. В автоморфных позициях встречаются лугово-каштановые и каштановые почвы. На окраинах Улан-Удэ произрастают сосновые леса, для этих участков характерны боровые пески и дерновые лесные почвы [23].

На территории г. Улан-Удэ встречаются механически и химически преобразованные техногенные грунты – техноземы, экраноземы и др. В качестве яркого примера техногенного грунта можно привести территорию шлакоотвала ТЭЦ-1 [23].

Кислотная среда почвенного покрова территории г. Улан-Удэ слабощелочная ($pH = 7,8$). Территория характеризуется низким содержанием физической глины и гумуса в поверхностных горизонтах (4,6 % и 2,7 %

соответственно), это обуславливает слабую сорбционную способность городских почв по отношению к тяжёлым металлам и металлоидам [23].

2.3.1. Растительный и животный мир

Улан-Удэ находится в зоне таёжных и темнохвойных лесов [16]. Для республики Бурятия характерно преобладание таких пород деревьев, как: лиственница, пихта, березы, осины и тополя, сосны, ели и кедры. Встречаются также лекарственные растения: боярышник, чабрец, подорожник, чистотел и др. Среди видов растительности здесь встречается брусника, голубика, смородина, а также ряд видов грибов.

Среди представителей флоры здесь проживают около 2 тыс. видов горных, болотных, таежных, степных, мемориальных видов цветковых растений [16]. Представители местной фауны охотничьих угодий Улан-Удэнского района: косуля, лось, изюбр, медведь, кабарга, волк, россомаха, кабан, заяц-беляк, баргузинский соболь, бурундук, белка, ондатра и выдра. Здесь проживают такие виды птиц как: гуси, утки, лебеди, журавли и др. Часть территории района Улан-Удэ входит в ООПТ Джергинский заповедник.

3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ Г. УЛАН-УДЭ

В период 2005 – 2015 гг. г. Улан-Удэ включался в список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы. Высокий уровень загрязнения воздуха на территории города является причиной 14,2 % смертей среди всего населения [11].

Улан-Удэ характеризуется значительной концентрацией промышленных предприятий, в том числе в зоне жилой застройки, ростом числа автотранспорта, а также наличием обширных районов частной застройки с печным отоплением [7]. Расположение промышленных объектов в зонах жилых застроек в центре города исторически обусловлены, так как развитие города происходило от центра, в районе правобережья рек Селенга и Уда, концентрирующего градообразующие предприятия, к периферии.

Геоэкологическую ситуацию в городе усугубляют местные физико-географические условия. Улан-Удэ относится к группе горно-котловинных городов со слабой рассеивающей способностью воздушного бассейна. Для этой территории характерна частая повторяемость неблагоприятных метеорологических условий для рассеивания загрязняющих веществ [16]. Хозяйственное освоение эолового типа ландшафта, к которому принадлежит часть территории г. Улан-Удэ, вместе с наличием пород песчаного состава приводят к активному переносу пылевых частиц и учащению пылевых бурь этому способствует то, что на территории г. Улан-Удэ много участков с открытым грунтом без достаточного озеленения.

3.1 Источники воздействия на окружающую среду

Улан-Удэ делится на три административных района – Железнодорожный, Октябрьский и Советский (Рисунок 12). Основные транспортные пути в городе совпадают с положением промышленных зон. В

целом в городе можно выделить три района, в которых стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха формируют повышенную нагрузку на атмосферу (Рисунок 13).

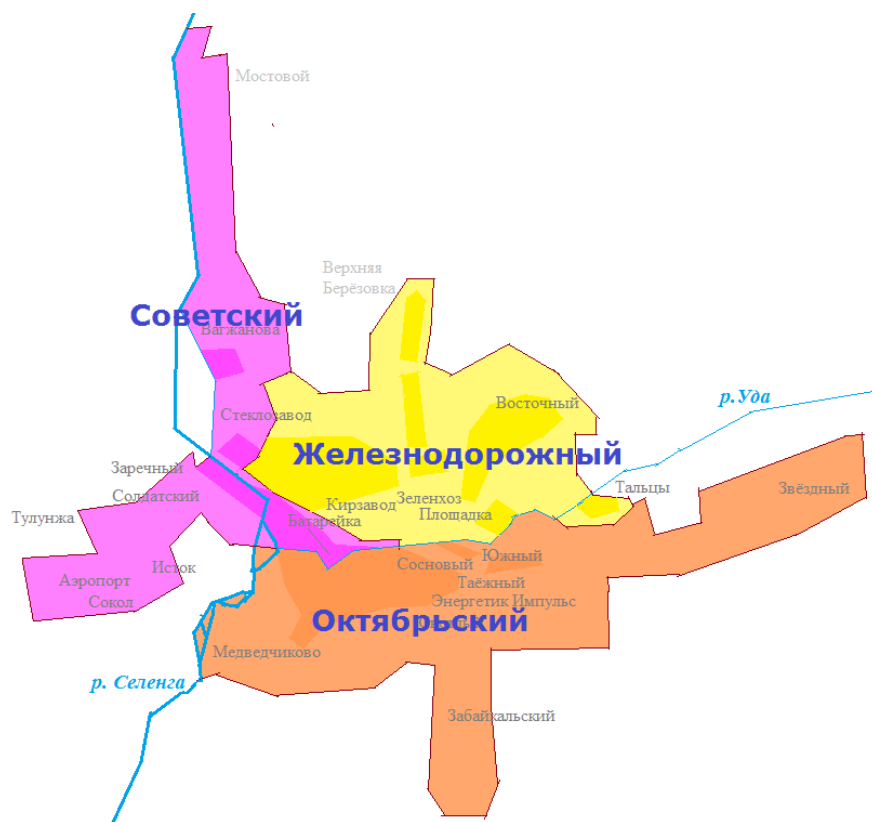


Рисунок 12 – Административное деление г. Улан-Удэ [16]



Рисунок 13 – Карта-схема расположения основных стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха и районов частной застройки с печным отоплением в г. Улан-Удэ

Участок №1 – Железнодорожный район, расположенный в центре г. Улан-Удэ и протягивающийся вдоль автомобильной дороги. В центре района, расположены основные предприятия-загрязнители города – это ТЭЦ-1 (1 класс опасности) и локомотивовагоноремонтный завод (ЛВРЗ) (2 класс опасности). К северо-западу от Железнодорожного района располагается Улан-Удэнский авиационный завод (У-УАЗ). К юго-западу – кирпичный завод [54]. Железная дорога протягивается вдоль всего района.

Участок №2 – Октябрьский район (ул. Бабушкина) в южной части города является зоной устойчивого загрязнения, так как вблизи располагаются автомобильные дороги. Местные предприятия-загрязнители – текстильные и деревообрабатывающие предприятия, мелькомбинат, а также крупнейший в городе мясокомбинат ООО «Бурятмяспром».

Участок №3 – в центральной части Советского района (сквер Балтахинова) концентрируются промышленные производства различного профиля: машиностроение ООО «Электромашина», завод металлоизделий Улан-Удэ строй мост (УУСМ), судостроительный завод (функционирует частично). К западу от Советского района располагается асфальтовый завод. Среди вышеперечисленных промышленных объектов участка №3 наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят У-УАЗ и ЛВРЗ.

Среди представителей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) котельная ОАО «Улан-Удэнский авиационный завод» (У-УАЗ), Улан-Удэнская ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, МУП ЖКХ пос. Загорск [54].

Также в Улан-Удэ находится множество отопительных и квартальных котельных (около 6 тыс.) и широко распространены районы частной застройки с печным отоплением (около 20 тыс.) [7]. По данным государственной думы Российской Федерации речь идёт о 45 тыс. зарегистрированных частных владений на территории г. Улан-Удэ (на 2019 г.) без учёта пригородных территорий [118]. Столь большое количество связано с тем, что в г. Улан-Удэ происходит неконтролируемая самовольная застройка одноэтажными жилыми домами, а также массовая переобустройство дач, непригодных для

круглогодичного проживания, в капитальные жилые сооружения с надворными постройками (Рисунок 13).

Такие зоны индивидуальной жилой застройки не только опоясывают город, но и «вкраплены» в центральной его части [7]. Так, частный сектор на левобережье р. Селенги разросся на несколько десятков километров, там проживает почти треть городского населения. Многие посёлки расширяются и образуют агломерации, соединяясь друг с другом. Так, стали едиными посёлки Сужа-Нурселение, Солдатский-Поселье-Исток, Гурульба-Сокол. Если посёлок Коминтерн вырастет, то он объединит эти поселения в одно и получится суперагломерация. С наступлением отопительного сезона в этих районах ухудшается экологическая обстановка, а практика озеленения придомовых территорий практически отсутствует.

В районе пос. Стеклозавод на севере правобережья р. Селенги неподалёку от железной дороги расположена крупная нефтебаза [36]. Проблема нефтяного загрязнения, связанного с ней продолжается с 1939 года. В ходе работы Улан-Удэнской нефтебазы происходят постоянные утечки нефтепродуктов в подземные горизонты и воды р. Селенги. Среди возможных последствий утечек может быть загрязнение грунтовых вод. Это опасное явление, так как загрязняющие вещества в таком случае могут просачиваться вплоть до водоносных горизонтов и наносить большой урон местным природным экосистемам.

3.2 Состояние атмосферного воздуха

Согласно Государственному докладу «О состоянии окружающей среды в Республике Бурятия в 2014 году», в г. Улан-Удэ уровень загрязнения атмосферы характеризуется как очень высокий (по показателю ИЗА₅ не менее 14). Загрязнение в основном обуславливают: формальдегид, диоксид азота, бенз(а)пирен (4-6 ПДК), фенол взвешенные частицы (пыль) [16]. Высокие содержания примесей обуславливаются большим количеством выбросов и частой повторяемостью метеорологических условий неблагоприятных для

рассеивания. Максимальные из среднемесячных концентраций бенз(а)пирена достигают в г. Улан-Удэ 20 ПДК в холодный период года.

Объём выбросов в атмосферный воздух в г. Улан-Удэ в 2014 году в относительной равной степени поступил от автотранспорта и стационарных источников выбросов, среди которых большая часть приходится на объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК) [16].

По данным «Государственного доклада о состоянии окружающей среды в республике Бурятия в 2015 году» на долю объектов ТЭК приходится наибольший процентный вклад в валовый объём выбросов от стационарных источников [17]. Так на долю ТЭЦ-1 приходится более 33%, на долю ТЭЦ-2 – 19% от общего объёма валовых выбросов от стационарных источников (Рисунок 14).



Рисунок 14 – Динамика выбросов в атмосферный воздух в г. Улан-Удэ в период 2011-2017 гг. [18]

Доля угля в балансе котельного топлива составляет 75-85%. Выбросы машиностроительных предприятий (ЛВРЗ, У-УАЗ) и предприятий по производству готовых металлических изделий (УУСМ) значительно меньше

по объёму, но выбросы У-УАЗ и ЛВРЗ вносят наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха химическими элементами [54].

Рассеивание продуктов сгорания топлива в составе выбросов тепловых электростанций, котельных и других энергетических объектов происходит на расстояние нескольких километров по направлению розы ветров, что приводит к загрязнению окружающей среды в региональном масштабе. Дымовые газы, выбрасываемые в приземный слой атмосферного воздуха, включают в себя твёрдые и газообразные загрязнители. Среди которых такие загрязняющие вещества, как оксид углерода, диоксиды серы и азота, зола [40]. Территории поблизости от источников выбросов подвергаются загрязнению более всего. Ряд предприятий ТЭК, такие как ТЭЦ-1, котельная У-УАЗ располагаются вблизи густонаселённых районов города, что подвергает здоровье местных жителей большому риску.

Из-за широкой распространённости районов частной жилой застройки с печным отоплением в отопительный сезон ПДК по бенз(а)пирену в атмосферном воздухе превышаются более чем в 10 раз. Обогрев электродвигателями недоступен большинству населения ввиду высоких тарифов на электроэнергию и низкого уровня доходов. Около четверти жителей таких домов и их окрестностей топят дома углем, две трети – дровами [7]. Электрооборудование, пеллеты и экотопливо используется для отопления не более чем 5% населения. Есть данные о том, что некоторые жители топят дома мусором в связи с нехваткой средств на закупку дров или угля [118].

В составе выбросов машиностроительных предприятий (УУСМ, ЛВРЗ, У-УАЗ, «Электромашин») присутствуют такие загрязняющие вещества, как цианистые и другие соединения, пыль, полициклические ароматические углеводороды, различные кислоты и щелочи, метанол, пары растворителей (сольвент, толуол, хлорбензол, ксилол, ацетаты, дихлорэтан, спирты и др.), фенол, ингредиенты органических и неорганических наполнителей (соли и оксиды, цинка, титана, хрома, свинца и других металлов), а также составляющие пленкообразующих веществ (стирол, формальдегид и т. д.)

[4040]. Среди основных источников загрязнения на машиностроительных предприятиях окрасочные, литейные цеха, гальванические, аккумуляторные участки, ремонтные помещения и др.

Так общий валовый объём выбросов У-УАЗ составляет 1967,7 т/год [9]. В составе выбросов входят 130 загрязняющих вещества (49 твёрдых, 81 жидких/газообразных) к доказанным или потенциальным химическим канцерогенам относятся по рекомендации МАИР относятся 12 из них. Основной вклад в формирование значений суммарного канцерогенного риска от выбросов У-УАЗ вносят хром шестивалентный и сажа с процентными содержаниями 72% и 24% соответственно. Уровень канцерогенного риска от воздействия данных выбросов является приемлемым для населения в целом.

На загрязнение атмосферного воздуха оказывают влияние и другие промышленные предприятия, автотранспорт и естественная запылённость (Рисунок 14). В 2014 г. Федеральной службой по надзору в сфере природопользования проведена оценка выбросов автотранспорта (Таблица 1) [16].

Таблица 1 – Выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от передвижных источников загрязнения в тыс. тонн в г. Улан-Удэ в 2014 г. [16]

Год	SO ₂	NO _x	ЛОСНМ	CO	C	NH ₃	CH ₄	Всего
2013	0,2	2,9	3,2	25,8	0,1	0,1	0,13	32,3
2014	0,2	3,3	3,7	29,2	0,1	0,1	0,2	36,6
2015	0,2	3,6	3,9	31,3	0,1	0,1	0,2	39,3
2016	0,2	3,7	4,1	32,4	0,1	0,1	0,2	40,7
2017	0,2	3,8	4,2	33,6	0,1	0,1	0,2	42,2

Столь существенный объём выбросов автотранспорта обусловлен тем, что в городе быстрыми темпами растёт число автомобилей, в том числе с большим сроком эксплуатации, накоплением выхлопных газов в селитебной зоне связанным с плотностью застройки городских улиц, слабой рассеивающей способности атмосферы на территории города. Кроме этого

влияние на концентрацию выбросов автотранспорта оказывает низкое качество транспортной инфраструктуры и низкая пропускная способностью автомобильных дорог, создающей пробки [60].

3.3 Состояние поверхностных и подземных вод

Река Уда. Техногенную нагрузку на р. Уда оказывают такие предприятия, как ТЭЦ-1, У-УАЗ, а также сточные воды некоторых посёлков. Более половины от валового объёма недостаточно очищенных сточных вод (57,2%) вносят правобережные очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод г. Улан-Удэ.

За период 2008-2015гг. в 6-ти точках контроля в 89,9% проб воды в р. Уда были превышены значения гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям. Это точки контроля в районе водозабора ОАО «У-УАЗ», сброса ливневых сточных вод ОАО «У-УАЗ» у пос. Площадка, у водозабора у пос. Мясокомбинат, в районе стоков ТЭЦ-1 у пос. 502км). Превышения отмечены по следующим загрязняющим веществам и показателям качества воды: ХПК, железо, окраска, БПК₅, фтор, плавающие примеси, растворенный кислород, рН, минерализация.

Река Селенга. В 2014 году превышение ПДК в воде реки наблюдалось по 11 из 17 учитываемых ингредиентам химического состава воды (Таблица 2) [16].

На территории г. Улан-Удэ техногенные нагрузки на правобережье р. Селенги преимущественно формируются в районе пос. Стеклозавод. В этом районе располагаются городская свалка твёрдых отходов, нефтебазы военных частей и ОАО «Бурят-Терминал», склады ГСМ ВСЖД и, несущие опасность.

Таблица 2 – Сводная таблица данных о качестве вод р. Селенги по гидрохимическим показателям в 2014 г. [16]

Ингредиент, показатель качества воды	Значение показателя
Соединения меди, марганца	63-100% (средний уровень)
Железо общее, цинк, алюминий	32-43% (устойчивая низкого уровня)
Легко- и трудноокисляемые органические вещества	20,4-22,4% (неустойчивая)
Нефтепродукты и фенолы	4,2-4,9% (единичная)
Среднегодовая концентрация меди	1,8 ПДК
Среднегодовая концентрация марганца	5,8 ПДК
Коэффициент комплексности загрязнённости воды	7,7-43,8%

Установлено, что несанкционированная свалка – источник загрязнения подземных вод тяжёлыми металлами, ядохимикатами и др. загрязняющими веществами [16]. В этом районе концентрация нефтепродуктов в наблюдательных скважинах ниже по направлению потока подземных вод колеблется в диапазоне 4,88-13,2 ПДК. До сих пор продолжаются работы по ликвидации линз нефтепродуктов, сформировавшихся на поверхности уровня подземных вод в районе нефтебаз.

Подземные воды. Местные промышленные предприятия оказывают негативное воздействие не только на поверхностные, но и на подземные воды, которые являются основным источником водоснабжения населения г. Улан-Удэ.

Так, в подземных водах меловых отложений водозабора ОАО «Улан-Удэнского приборостроительного производственного объединения» обнаружены повышенные концентрации фенолов (4,6 ПДК), нефтепродуктов (3,8 ПДК), и удельной суммарной альфа-радиоактивности (1,1 ПДК) [116].

Деятельность предприятий авиационной и машиностроительной промышленности, сконцентрированных на правом берегу р. Уды (У-УАЗ,

ЛВРЗ) подвергает загрязнению подземные воды четвертичных, нижнемелового и верхнеюрского горизонтов [116].

В районе У-УАЗ в скважинах в районе ниже по потоку склада ГСМ, концентрация нефтепродуктов в подземных водах нижнемелового водоносного горизонта достигает 316 ПДК [116].

На участке карьера У-УАЗ, находящегося на рекультивации, проявляется влияние золошлакоотвалов на макрокомпонентный состав подземных вод. Здесь наблюдается превышение значений ПДК по фенолам (5,4-6,5 ПДК), железу (17,23-29,7 ПДК), нефтепродуктам (1,7-2,0 ПДК), марганцу (3,4-4,6 ПДК), алюминию (3,9 ПДК) [116].

Также остаётся высокой степень загрязнения верхнеплейстоценового водного горизонта в районе участка расположения объектов ЛВРЗ [116]. По результатам обследования отстойника-накопителя отходов газогенераторной станции ЛВРЗ по данным анализа вод шахтного колодца и 2-х наблюдательных скважин, находящихся в зоне влияния объекта, концентрация фенолов изменялась в диапазоне 950-5300 ПДК в период с февраля по июнь. Также в этой зоне наблюдается повышенное содержание бора (5,84 ПДК), молибдена (3,29 ПДК), аммония (43,8 ПДК), водородного показателя (1,83 ПДК), железа (25,6 ПДК), и др.

Зафиксировано высокое содержание фенолов (до 4,8 ПДК), марганца (до 6ПДК), нефтепродуктов (до 1,9 ПДК) и фторидов (до 4,39 ПДК) в зоне влияния золонакопителя ТЭЦ-2 в подземных водах четвертичных отложений [116].

Особенно интенсивная техногенная нагрузка на подземные воды на левобережье р. Селенги приходится в зоне влияния складов ГСМ ООО «Аэрофьэлз», расположенного при въезде в пос. Аэропорт на площади 1,5 км² [116]. Предназначение склада – хранение авиационного керосина. Голоценовый аллювиальный водный горизонт в зоне размещения складов относится к категории незащищенных от загрязнения с поверхности. Концентрация нефтепродуктов в них 2,2 ПДК, железа 18,37 ПДК.

В районе расположения Улан-Удэнской птицефабрики в подземных водах четвертичных отложений превышение марганца составляет 20,8 ПДК, железа 14,17 ПДК [116].

Таким образом, сконцентрированные в пределах г. Улан-Удэ предприятия ТЭК, авиационной, машиностроительной, промышленности и др. оказывают влияние на качественное состояние не только поверхностных вод, но и значительное влияние на подземные [116]. Загрязнение имеет локальный характер и на данный момент не оказывает влияние на качество подземных вод, добываемых для водоснабжения населения г. Улан-Удэ. Возбудители патогенной флоры в воде источников нецентрализованного водоснабжения в 2013-2015 гг. обнаружены не были.

3.4 Состояние почвенно-растительного покрова

Почвенный покров на территории г. Улан-Удэ обладает слабой сорбционной способностью и характеризуется летним ливневым характером осадков и невысокой современной аэралью поставкой тяжёлых металлов и металлоидов [37]. Суммарное загрязнение почвенного покрова оценивается в целом как неопасное ($Z_c = 6,3$), что характерно для городов степной зоны.

На состояние почвенно-растительного покрова в г. Улан-Удэ оказывают влияние контрастные ($K_c = 3...68$) геохимические аномалии ряда химических элементов (W, Cd, Cu, Ni, Sn, Bi, Zn, As, Pb, Mo, Sb, Cr) [37]. Аномалии сформировались ввиду интенсивных многолетних выбросов местных промышленных предприятий, таких как УУСМ, У-УАЗ, ТЭЦ-1 и шлакоотвала ТЭЦ-1, кирпичного завода, ЛВРЗ, птицефабрики, мясокомбината, а также остановленного после 2000-х гг. стеклозавода. В селитебной зоне аномалии обусловлены выбросами автотранспорта и использованием средств химизации на садовых участках.

В почвенном покрове на территории г. Улан-Удэ содержится значительное количество свинца [16]. Первый фактор обуславливающий высокие содержания – это минеральный состав подстилающих пород. Второй

фактор – это выбросы автотранспорта. Территории подверженные загрязнению свинцом - южная, восточная и юго-восточная части Улан-Удэ, а также автотранспортные магистрали. свинцу и его соединениям на долю выбросов автотранспорта приходится 99,8%. Так, зафиксировано значение содержания свинца 12ПДК на главных транспортных магистралях Улан-Удэ.

Загрязнение почвенно-растительного покрова достигает опасного и очень опасного уровней в нескольких районах, на их территориях выявлены локальные превышения 16ПДК для Sb, Pb, Zn, Cu, As, в пределах 2–23ПДК [16]. Это такие районы как: зона влияния «УУСМ»; стеклозавод; автомагистрали к северо-востоку от ТЭЦ-1; районы многоэтажной застройки центральной части города и частной застройки с печным отоплением. На этих территориях.

В пределах г. Улан-Удэ отмечается загрязнение почв свинцом ($Z_c=8$) и ртутью Hg ($Z_c=9$), а также присутствуют радиоактивные аномалии (> 400 мкР/час) ториевой и урановой природы [16].

3.5 Экологически обусловленная заболеваемость населения

Загрязнение атмосферного воздуха на урбанизированных территориях способствует возникновению ряда экологически обусловленных заболеваний среди населения – астма, сердечная недостаточность, эфизема лёгких, поражение верхних дыхательных путей, бронхиты, пневмония, а также болезни глаз и онкологическая патология [44].

Хроническое воздействие от загрязнения атмосферного воздуха один из приоритетных факторов, формирующих негативные тенденции здоровья населения Республики Бурятия [44]. Именно высокое загрязнения атмосферного воздуха здесь является причиной 14,2 % смертей среди всего населения [11].

Согласно Вологдиной С.Ж. по результатам ведения социально-гигиенического мониторинга в г. Улан-Удэ уровень заболеваемости населения превышает средние показатели по Республике Бурятия в целом в 2,3 раза [44]. Частота заболеваний на территории города носит неоднородный характер.

Наиболее неблагоприятная медико-демографическая ситуация складывается в промышленных районах с выраженным техногенным воздействием на атмосферный воздух.

Уровни неканцерогенного риска здоровью населения в г. Улан-Удэ превышают допустимые значения в 7,6 – 3,1 раза. Ведущим фактором риска неканцерогенных эффектов является хроническое ингаляционное воздействие загрязненного атмосферного воздуха (81%) [44].

Наибольшие уровни риска отмечаются в Железнодорожном районе: пос. ЛВРЗ; р-н Элеватора и Республиканской больницы; пос. Никольский; р-н Восточных ворот. Среди основных административных районов города наибольшее количество дополнительных случаев заболеваемости отмечается в Железнодорожном районе (51,3%) дополнительных случаев заболеваемости, в Октябрьском районе – 40,6%. В остальных микрорайонах, на территории которых проводился мониторинг атмосферного воздуха, уровни канцерогенного риска соответствуют предельно допустимому риску [44].

Согласно данным Манкетовой А.А., Иметхенова А.Б. Хроническое воздействие среднегодового содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на здоровье населения Улан-Удэ может привести к превышению допустимого (или приемлемого) и предельно допустимого риска на здоровье населения (органы дыхания, системы крови) [41].

Таким образом, наименее благоприятным районом для проживания с точки зрения воздействия атмосферного загрязнения на здоровье населения, является Железнодорожный район, характеризующийся наибольшей концентрацией промышленных предприятий.

4 МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Отбор и подготовка проб листьев тополя

На территории исследования г. Улан-Удэ по равномерной площадной сетке с шагом 2×2 км было отобрано 34 пробы листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в августе 2015 г. Преобладающее направление ветров в летний период северо-западное. Карта отбора проб на территории исследования г. Улан-Удэ представлена на (Рисунок 15).



Рисунок 15 – Карта пробоотбора листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

При отборе проб был использован метод средней пробы в соответствии с методическими рекомендациями [97]. Отбор проб листьев проводился на высоте 1,5 – 2 м от поверхности земли с нижней части кроны с внешней стороны по окружности с примерно одновозрастных деревьев. Пробы упаковывались в бумажные крафт пакеты «Стерит», размером 150×250 мм, пакеты нумеровались и регистрировались в журнале и на карте маршрута, с указанием следующих данных: место (адрес, координаты); дата отбора пробы; фамилия исследователя.

Отобранные пробы листьев просушивались в крафт пакетах при комнатной температуре в вентилируемом помещении согласно методике [97].

Листья были просушены при комнатной температуре 22-25°C в течение 7 дней без предварительного промывания согласно методике, чтобы пыль и аэрозоль оставались на их поверхности. Аналитические исследования проведены в лаборатории МИНОЦ НИ ТПУ, а также на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т ТПУ.

4.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ

Метод инструментального нейтронно-активационного анализа (далее ИНАА) заключается в бомбардировке стабильных изотопов элементов, способных превращаться в радиоактивные и характеризующихся специфическим излучением (энергией и его характером), с помощью мощного потока нейтронов [71].

При этом происходит выделение энергии, величина которой постоянна, и происходит распад радиоактивных изотопов. Таким образом, после облучения пробы нейтронами, она начинает излучать γ -лучи с определённой энергией, это показывает наличие в пробе какого-либо элемента [71]. С помощью сравнения в выбранных энергетических интервалах спектрометра, стандартных образцов с интенсивностью излучения проб выполняется количественное определение наличия определённых химических элементов.

Нижние пределы обнаружения содержания элементов в природных средах представлены в (Таблица 3) [71].

Таблица 3 – Нижние пределы обнаружения (ПО) содержания элементов в природных средах методом ИНАА

Элемент	ПО, мг/кг	Элемент	ПО, мг/кг	Элемент	ПО, мг/кг	Элемент	ПО, мг/кг
Na	20	Zn	2	Ba	3	Lu	0,01
Ca	300	Rb	0,6	La	0,007	Hf	0,01
Sc	0,002	As	1	Ce	0,01	Ta	0,05
Cr	0,1	Sr	1	Sm	0,01	Au	0,002
Fe	10	Ag	0,02	Eu	0,01	Th	0,01
Co	0,1	Cs	0,3	Tb	0,001	U	0,01
Ni	20	Sb	0,007	Yb	0,05	Br	0,3

Подготовленные пробы анализировались на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в аккредитованной лаборатории ядерно-геохимических методов исследования НИ ТПУ (НСАМ ВИМС №410 ЯФ). Аналитик – инженер А.Ф. Судыко.



Рисунок 16 – Учебно-исследовательский атомный реактор при ТПУ

Пробы облучались в реакторе с плотностью потока тепловых нейтронов 2×10^{13} нейтр/(см²·с) в течение пяти часов, а затем в течение некоторого времени выдерживались. Выдержанные пробы измеряли на предмет интенсивности излучения гамма-радиоактивных изотопов многоканальным анализатором импульсов «Canberra» с полупроводниковым Ge детектором GX3518. Содержание элементов определяли путём расчётов при сравнении интенсивности гамма-линий соответствующих радионуклидов с интенсивностью стандартного образца (лист берёзы ГСО 8923-2007, СО КООМЕТ 0067-2008-RU).

Этап пробоподготовки включал в себя: измельчение с последующим взвешиванием и озолением в соответствии с требованиями ГОСТ 26929-94 [94]. При измельчении высушенных листьев удалялись черешки, затем проводили взвешивание и помещали в фарфоровые чашки для первичного озоления проб с целью удаления всех органических веществ из пробы. В фарфоровых чашках на электроплите при температуре 250°C происходило

обугливание пробы до состояния чёрной золы (до момента прекращения выделения дыма). Затем пробы черной золы пересыпали в фарфоровые тигли, которые помещали в муфельную печь. Температуру повышали на 50°C каждые 30 минут. При достижении температуры 450°C, проба находилась в печи ещё 3 часа для полного озоления. Озоление каждой партии проб длилось 5 часов. Далее озолённые образцы снова взвешивали, обирали навески по 100±1 мг и упаковывали с алюминиевую фольгу известного состава. Этапы пробоподготовки представлены на (Рисунок 17).

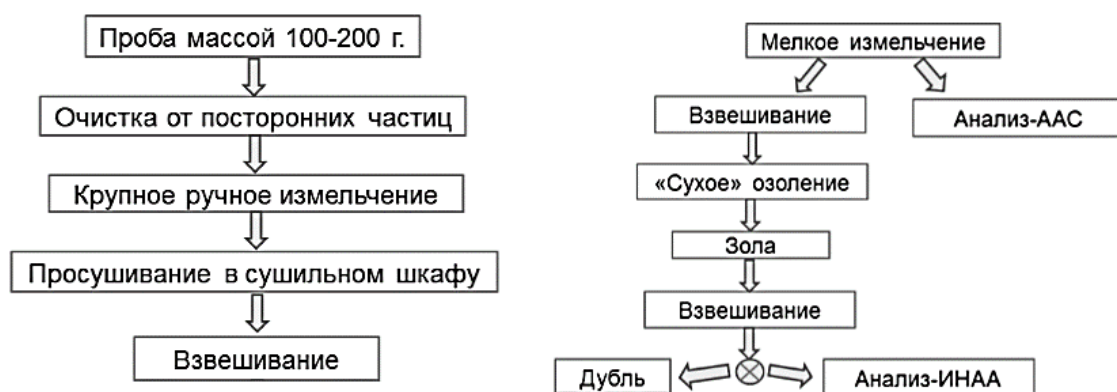


Рисунок 17 – Этапы обработки и анализа проб растительности [71]

4.4. Атомно-абсорбционный анализ ртути

Атомно-абсорбционный метод использовался для исследования содержания ртути в листьях тополя. Этот метод широко используется для определения различных элементов при анализе минерального вещества [106]. Этап пробоподготовки для атомно-абсорбционного анализа включал в себя: высушивание листьев при комнатной температуре; ручное измельчение и упаковку в пакеты «zip lock» 7×10 см [96]. Масса пробы для анализа составила 1 г. Анализ содержания ртути в подготовленных пробах выполнен в лаборатории микроэлементного анализа в МИНОЦ «Урановая геология», в отделении геологии ТПУ на ртутном анализаторе «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+» методом атомной абсорбции (метод пиролиза), предел обнаружения – 5 нг/г (Рисунок 18) [96].

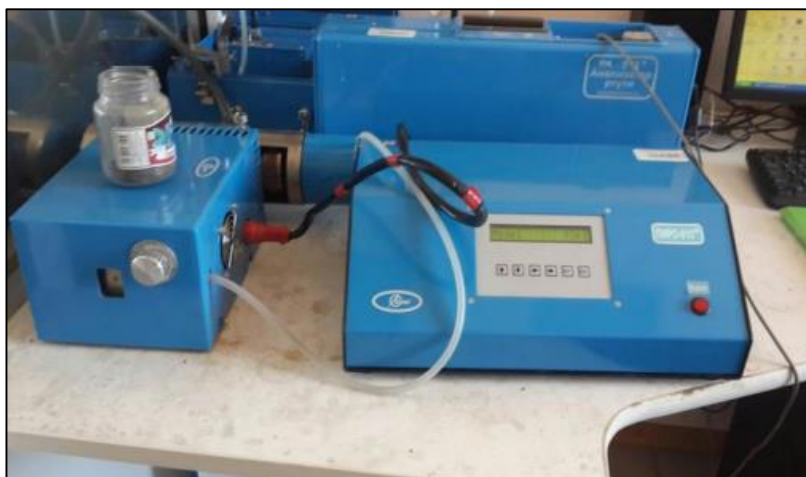


Рисунок 18 – Анализатор ртути «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+» [96]

Анализатор ртути и приставка позволяют определять содержания ртути без предварительной химической пробоподготовки (прямое определение).

С помощью приставки «ПИРО-915+» можно проводить прямой анализ твёрдых и жидких проб любого состава, а также проб со сложной матрицей (биологические материалы, пищевые продукты, нефть и др.) [106].

Анализ пробы в приставке происходит следующим образом: навеска пробы массой 25-50 мг помещается в дозатор, помещённый в атомизатор приставки, внутри которого твёрдые пробы подвергаются пиролизу и каталитическому разрушению соединений матрицы пробы.

В подогреваемую оптическую кювету нагретый газовый поток поступает после атомизатора, в кювете происходит измерение аналитического сигнала. Время измерения содержания ртути не должно превышать двух минут [106].

Прибор перед началом работы необходимо калибровать. При калибровке, подразумевающей построение и контроль стабильности градуировочных характеристик измерения, применялись стандартные образцы состава листа берёзы ЛБ-1 (ГСО 8923-2007). Рекомендуется управлять работой анализатора, обрабатывать и регистрировать данные с помощью персонального компьютера с установленным специальным программным обеспечением [106].

4.5 Электронно-микроскопические исследования

Для определения размера и морфологии микровключений и частиц на поверхности листовых пластин, а также для определения элементного состава использовался сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) Hitachi S-3400N (с разрешением 10 нм при ускоряющем напряжении 3 кВ) с приставкой «Bruker XFlash 5010» для рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) (Рисунок 19). Аналитические исследования были проведены в МИНОЦ «Урановая геология» в отделении геологии (ОГ) ИШПР НИ ТПУ.



Рисунок 19 – Электронный микроскоп Hitachi S-3400N [115]

Электронный сканирующий микроскоп Hitachi S-3400N оснащен термоэмиссионным вольфрамовым катодом. Данный электронный микроскоп позволяет исследовать образцы диаметром до 200 мм. В работе использовался детектор BSE (детектор обратно рассеянных электронов). Технические характеристики микроскопа приведены в (Таблица 4).

Таблица 4 – Технические характеристики электронного микроскопа Hitachi S-3400N [115]

Разрешающая способность	При использовании детектором вторичных электронов	3,0 нм (ускоряющее напряжение 30 кВ, при работе с высокой степенью разрежения) - 10 нм (ускоряющее напряжение 3 кВ, при работе с высокой степенью разрежения)
	При использовании детектором обратно-рассеянных электронов	- 4,0 нм (ускоряющее напряжение 30 кВ, при работе с высокой степенью разрежения)
Степень увеличения		От 5 до 300 000 (степень увеличения оптического микроскопа до 1000-1200)
Вакуумная система		Управление созданием разрежения: полностью автоматическое Достижимая степень разрежения: $1,5 \times 10^{-3}$ Па Диапазон настраиваемой степени разрежения: от 6 до 270 Па (22 дискретных уровня)

Растровая электронная микроскопия (РЭМ) основана на детектировании широко спектра излучений, возникающего при сканировании поверхности образца электронным зондом. сигналами для получения изображения являются вторичные, отраженные и поглощённые электроны (Рисунок 20) [113]. Режим съёмки в данной работе: вакуум низкий, детектор рассеянных электронов, ускоренное напряжение 20 кВ.

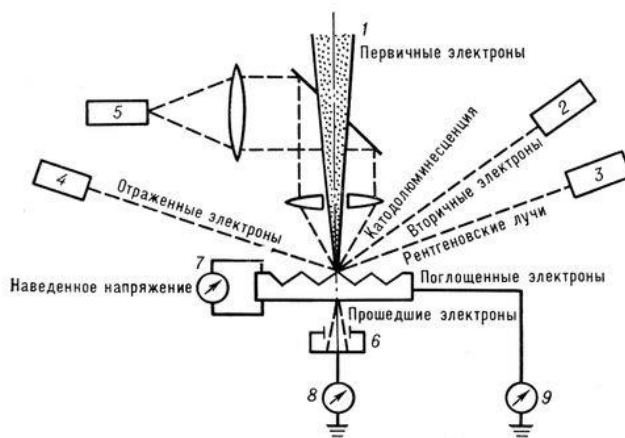


Рисунок 20 – Схема работы электронного микроскопа [113]

Регистрируемый сигнал используется для модуляции яркости электронного пучка в электронно-лучевой трубке монитора, на который выводится изображение поверхности образца. Изображение может показать топографию физического свойства исследуемого образца, его дефекты и состояния поверхностей, такие как: топология поверхности (поры, неоднородности состава, границы зерен, трещины, и др.), рассматриваемая в отраженных или вторичных электронах; распределение элементного состава по поверхности образца, наблюдаемое в характеристическом рентгеновском излучении.

Основные преимущества РЭМ:

- спектр анализируемых твердых тел (металлы и полупроводники, диэлектрики, порошкообразные и биологические объекты) широк;
- простая пробоподготовка;
- методика неразрушающая;
- небольшое время ожидания от момента загрузки образца в камеру до получения его изображения.

Для электронной микроскопии были приготовлены препараты в соответствии с Методикой [97]. Для этого из листовых пластин среднего размера скальпелем вырезали кусочки 5×8 мм между средней жилкой и четвертой снизу меньшей жилкой, затем их фиксировали двусторонней углеродной липкой лентой на предметном столике микроскопа адаксиальной стороной вверх. Изучено 2 препарата. Анализ выполняли ассистент ОГ ТПУ, к.г.-м.н Ильенок С.С. и аспирант Дорохова Л.А.

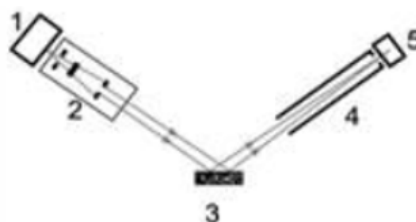
4.6 Рентгеновская дифрактометрия

Рентгенографический анализ – это совокупность методов исследования кристаллических веществ, которые основаны на отражении ими рентгеновских лучей. Задача этого анализа идентифицировать различные кристаллические фазы в смеси по данным анализа дифракционной картины образца. Рентгенофазовый анализ позволяет определить качественный и

количественный состав минералов, изучать об образовании твердых растворов и их превращений, происходящих в материале под влиянием температуры и давления [114].

Рентгенографический анализ работает за счёт дифракции рентгеновских лучей кристаллами. Кристаллы выступают как дифракционная решётка при прохождении лучей через них, при этом возникает интерференция. Так как атомы в кристалле располагаются регулярно, возникает чёткая дифракционная картина, на основе которой можно охарактеризовать кристалл.

В основе выполненного рентгенофазового анализа лежит метод порошка – это метод получения дифракционной картины (Рисунок 21)



1 – источник излучения, 2 – набор щелей для снижения расходимости первичного излучения и монохроматор, 3 – держатель образца, 4 – коллиматор для снижения расходимости отраженного излучения, 5 – детектор

Рисунок 21 – Схема хода лучей в порошковых дифрактометрах [114]

Рентгенофазовый анализ выполнен в МИНОЦ «Урановая геология» в отделении геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета на настольном порошковом дифрактометре фирмы Bruker «D2 Phaser».

Подготовка образцов к анализу включает в себя несколько этапов:

1) Истереть образец до состояния тонкого порошка (пудры) в агатовой ступке;

2) Нанести полученный порошок в кювету, выровнять поверхность с помощью предметного стекла плавными не круговыми движениями, добиться ровной поверхности исключив неровности и шероховатости;

3) Поместить кювету в держатель дифрактометра, после проведения съемки очистить кювету от образца;

4) Очистить рабочую поверхность, кювету, ступку и пестик от остатков образца [71].

Объемный минеральный состав золы листьев определяли с помощью рентгеновского дифрактометра «Bruker D2 Phaser» с Cu-K α -излучением при токе 10 мА и напряжении 30 кВ. Фракции порошкообразных образцов размером <10 мкм сканировали в диапазоне 10–100 °2 θ с шагом 0,02 ° при времени счета 1,5 с / шаг, щель расходимости (DS) составляла 1,0 мм.

Нижний предел обнаружения содержания минералов составил 1 масс.%. Количественный минералогический анализ полученных данных выполнен с помощью коммерческой программы EVA (DIFFRACplus..., 2009) и TOPAS (TOPAS, 2010) [113].

Подготовку проб выполнила магистрант отделения геологии ТПУ Тайкина И.А, анализ выполнил доцент ОГ ТПУ, к.г-м.н Соктоев Б.Р.

4.7 Методика обработки аналитической информации

Обобщение результатов аналитических исследований и дальнейшая их обработка производились при помощи программного обеспечения: Microsoft Office: Excel 2016, Origin 9 и Statistica 10.

Построение картосхем распределения химических элементов на территории исследования и их оформление проводилось с использованием программного обеспечения SURFER 10 и COREL DRAW 2017. На первом этапе обработки аналитической информации были подсчитаны такие числовые характеристики выборки, как: среднее геометрическое, среднее арифметическое, медиана, стандартное отклонение, максимальные и минимальные значения, коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс и стандартная ошибка среднего. Наиболее распространённый показатель, использующийся для оценки меры относительного рассеяния от средних величин – это коэффициент вариации. Его расчёты велись по формуле (1) [71]:

$$V = \sigma C * 100\%, (1)$$

где V – коэффициент вариации; σ – среднее квадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$; C – среднее содержание элемента. Расчёт коэффициента концентрации по формуле (2):

$$K_k = C / C_k, (2)$$

где K – коэффициент концентрации, C – содержание элемента в пробе, г/т; C_k – среднее содержание (медиана) элемента в золе листьев тополя для города Улан-Удэ, среднее содержание элементов в золе листьев тополя урбанизированных территорий, г/т [69].

Далее проводилось формирование геохимических рядов для каждой пробы в отдельности и для выборки в целом. Геохимический ряд позволяет увидеть наиболее характерные индикаторные группы элементов и определить источник загрязнения на территории исследования.

Для интегральной оценки был использован аддитивный подход, расчёты проводились по формуле (3):

$$Agi = \sum K_k > 1,5 n, (3)$$

где K_k – коэффициент концентрации элементов (коэффициент концентрации рассчитывается относительно среднего геометрического либо арифметического, значение коэффициента концентрации $> 1,5$); n – количество элементов, принимаемых в расчете [71].

Для сопоставления результатов эколого-геохимической оценки территории наряду с аддитивным геохимическим показателем был рассчитан коэффициент биогеохимической трансформации Zv (4), предложенный сотрудниками кафедры геохимии ландшафтов и географии почв МГУ имени М. В. Ломоносова (Касимов и др., 2011; Сорокина, 2013, Власов, 2015) [32]:

$$Zv = \sum_1^{n_1} k_c + \sum_1^{n_2} k_p - (n_1 + n_2 - 1), (4)$$

где K_c – коэффициент концентрации, K_p – коэффициент рассеяния, n_1, n_2 – количество микроэлементов с $K_c > 1$ и с $K_p > 1$ соответственно.

Уровни интегрального показателя Z_v и экологической опасности приведены согласно градации (Власов, 2015) [32]: <15 – низкий, неопасный; 15-25 – средний, умеренно опасный; 25-35 – высокий, опасный; 35-45 – очень высокий, очень опасный; >45 – максимальный, чрезвычайно опасный.

Важное значение имеет оценка концентрационных свойств биообъекта исследования в целом на конкретной территории, выполненная с помощью расчета (5) коэффициента Шоу (1969), применительно к задаче работы [67]:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{k_i}{K_i} \right), \quad (5)$$

где k_i – среднее содержание химических элементов (мг/кг) в золе листьев проб в выборке отдельной урбанизированной территории; K_i – среднее (региональное) содержание химических элементов (мг/кг) в золе листьев проб в совокупной выборке ($N=1688$); n – число элементов. При $R>1$ происходит накопление (концентрирование) элементов, а при $R<1$ – их рассеяние.

Показатель зольности Z рассчитывался согласно формуле (6):

$$Z = \frac{m1}{m2} \times 100\%, \quad (6)$$

Где $m1$ – масса сухой пробы листьев (г); $m2$ – масса пробы после озоления (г).

5 СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. УЛАН-УДЭ

5.1 Общая биогеохимическая характеристика территории

Анализ содержания химических элементов в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на территории г. Улан-Удэ показал, что их распределение носит неравномерный характер и присутствуют аномальные значения некоторых элементов. Об этом свидетельствуют статистические показатели: коэффициент вариации, стандартная ошибка, рассчитанные по данным ИНАА (Таблица 5).

Таблица 5 – Статистические параметры валового содержания химических элементов (мкг/г) в листьях тополя бальзамического в г. Улан-Удэ

Элемент	$X \pm \lambda$	$X_{\text{геом}}$	Me	Min	Max	S	V, %	A	E
Na	1442 ± 305	1074	981	343	10824	1777	123	4,72	25,0
Ca	151957 ± 5050	148573	155463	71881	195774	29448	19	-1,04	1,23
Sc	0,73 ± 0,10	0,605	0,624	0,162	3,41	0,598	80	2,89	11,4
Cr	5,72 ± 0,77	3,27	5,811	0,301	13,75	4,72	81	0,374	-1,28
Fe	3266 ± 388	2601	2688	150	12555	2265	69	2,20	7,65
Co	6,91 ± 0,79	6,01	5,57	2,27	20,1	4,77	67	1,47	1,23
Zn	574 ± 61,95	460	464	80,0	1672	378	66	1,15	1,07
As	0,35 ± 0,04	0,295	0,200	0,166	1,37	0,26	74	2,23	5,88
Br	33,5 ± 5,48	22,1	24,1	2,83	153	32,0	95	1,93	4,74
Rb	20,5 ± 4,99	5,07	1,00	1,00	90,2	29,1	142	1,46	0,908
Sr	1786 ± 160	1605	1472	656	4245	931	52	1,51	1,39
Ag	0,19 ± 0,03	0,159	0,15	0,006	0,946	0,16	83	3,58	14,2
Sb	0,41 ± 0,05	0,284	0,36	0,025	1,30	0,32	76	1,09	0,831
Cs	0,57 ± 0,08	0,429	0,48	0,050	2,25	0,47	79	1,72	3,85
Ba	194 ± 14,1	181	191	94,6	512	82,3	42	2,00	5,99
La	3,98 ± 0,66	2,84	3,31	0,045	24,5	4,07	102	4,08	20,2
Ce	8,53 ± 1,38	6,70	6,65	1,53	48,5	8,02	94	3,94	19,3
Nd	2,63 ± 0,509	1,69	2,15	0,237	16,8	2,97	113	3,53	16,0
Sm	0,670 ± 0,103	0,50	0,572	0,020	3,57	0,599	89	3,59	16,9
Eu	0,035 ± 0,017	0,01	0,005	0,005	0,560	0,098	276	5,03	27,2
Tb	0,027 ± 0,007	0,02	0,010	0,004	0,217	0,041	149	3,51	14,3
Yb	0,128 ± 0,024	0,08	0,089	0,017	0,707	0,140	110	2,36	7,83
Lu	0,027 ± 0,005	0,02	0,021	0,001	0,173	0,030	110	3,57	16,6
Hf	0,363 ± 0,103	0,19	0,219	0,025	3,55	0,601	166	4,79	25,6
Ta	0,047 ± 0,018	0,01	0,008	0,000	0,593	0,105	224	4,62	23,9
Au	0,004 ± 0,000	0,00	0,004	0,001	0,009	0,002	58	0,525	-0,738
Th	0,557 ± 0,102	0,21	0,501	0,012	2,27	0,593	106	1,33	1,53
U	0,705 ± 0,152	0,33	0,314	0,024	4,38	0,888	126	2,52	8,25

* Примечание: X – среднее арифметическое; λ – стандартная ошибка; $X_{\text{геом}}$ – среднее геометрическое;

Me – медиана; S – стандартное отклонение; V, % - коэффициент вариации; A – асимметрия; E – эксцесс

Коэффициент вариации показывает насколько велико относительное рассеивание содержаний элементов в выборках по сравнению со средним значением. Для наглядности построен график разброса минимальных и максимальных значений содержания химических элементов относительно средних (медиана) в листьях тополя бальзамического на территории г. Улан-Удэ (Рисунок 22).

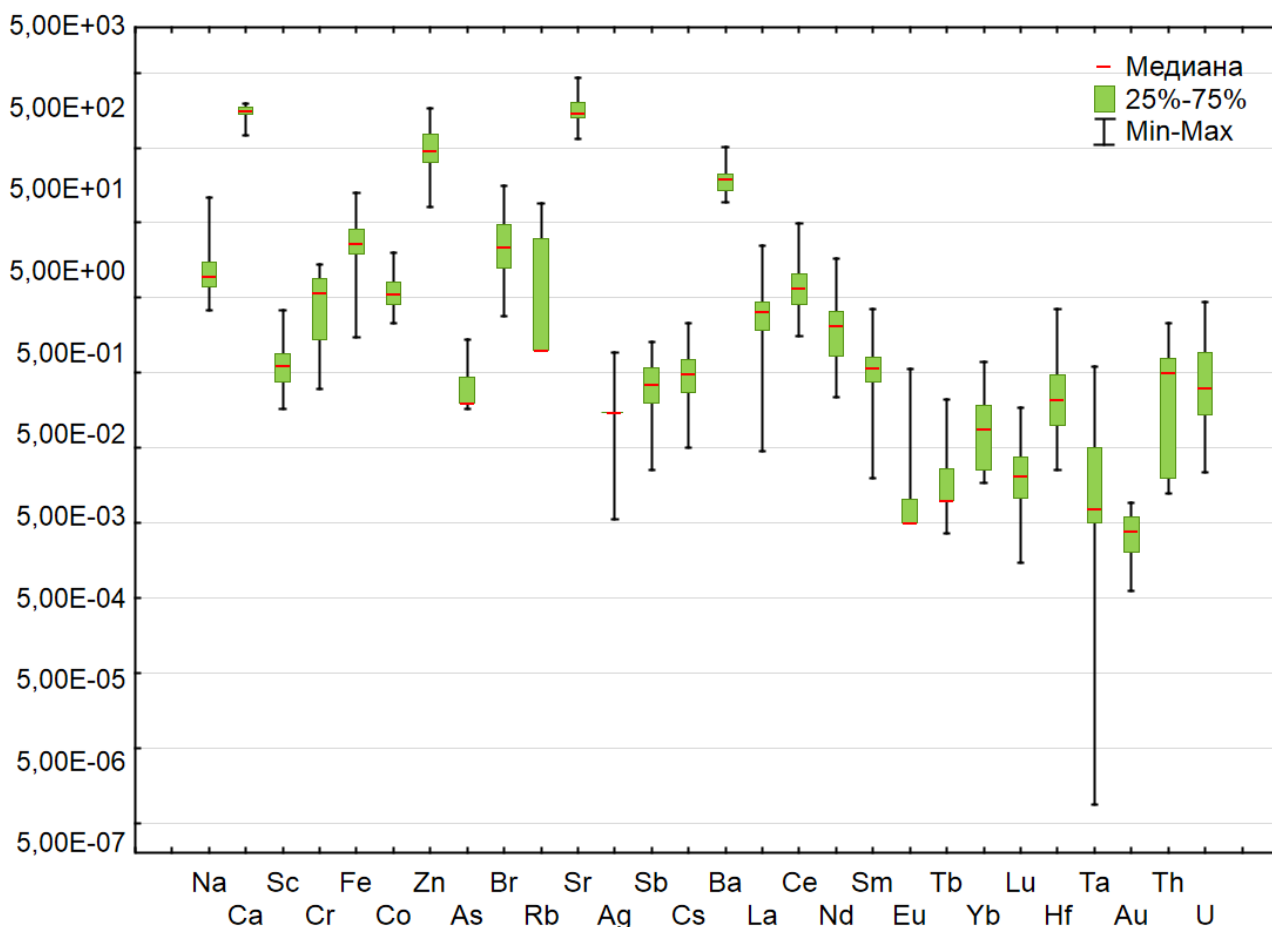


Рисунок 22 – Диаграмма размаха содержаний химических элементов в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

Так по результатам статистического анализа характеристик однородной выборке ($V < 50\%$) принадлежат – Ca, Ba, недифференцированной ($V = 50-70\%$) – Co, Fe, Zn, Sr, Au, сильно неоднородной ($V = 70-100\%$) – Sc, Cr, As, Br, Ag, Sb, Cs, Ce, Sm, крайне неоднородной ($V > 100\%$) – Na, Rb, La, Nd, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U.

В связи с тем, что содержания химических элементов в изучаемой выборке гипотетически не соответствует нормальному закону распределения, были использованы непараметрические критерия его проверки. С помощью критерия Пирсона (χ^2) не удалось провести проверку, так как число проб менее 60. В данном случае как для выборки меньшего объёма в качестве критерия соответствия эмпирического распределения нормальному теоретическому также используют отношения коэффициентов асимметрии A и эксцесса E к их стандартным отклонениям σ_A и σ_E соответственно (7):

$$T_A = A/\sigma_A; T_E = E/\sigma_E, (7)$$

В результате расчёта соотношений было определено, что распределение соответствует логнормальному закону (Таблица 6).

Таблица 6 – Характеристики для установления закона распределения анализируемых компонентов в золе листьев тополя в г. Улан-Удэ

Элемент	Значения соотношений			Элемент	Значения соотношений		
	T_a	T_e	Соотв.		T_a	T_e	Соотв.
Na	11,7	31,8	нет	Ba	4,96	7,60	нет
Ca	-2,57	1,57	да	La	10,1	25,7	нет
Sc	7,16	14,4	нет	Ce	9,78	24,5	нет
Cr	0,93	-1,63	да	Nd	8,76	20,4	нет
Fe	5,46	9,70	нет	Sm	8,92	21,4	нет
Co	3,66	1,56	нет	Eu	12,5	34,5	нет
Zn	2,84	1,36	да	Tb	8,70	18,2	нет
As	5,53	7,46	нет	Yb	5,87	9,93	нет
Br	4,79	6,02	нет	Lu	8,86	21,1	нет
Rb	3,62	1,15	нет	Hf	11,9	32,5	нет
Sr	3,74	1,77	нет	Ta	11,5	30,3	нет
Ag	8,88	18,0	нет	Au	1,30	-0,937	да
Sb	2,71	1,05	да	Th	3,29	1,94	нет
Cs	4,26	4,89	да	U	6,26	10,5	нет

Гистограммы дают хорошее представление о форме распределения и числовых характеристиках содержаний элемента. Анализ её формы и расположения относительно границ поля допуска даёт много информации об изучаемом процессе без выполнения расчётов. Выбор количества k столбцов гистограммы основывается на расчёте $k=1+\lg n$, (где n – объём выборки).

Наиболее показательные гистограммы распределения химических элементов представлены на (Рисунок 23).

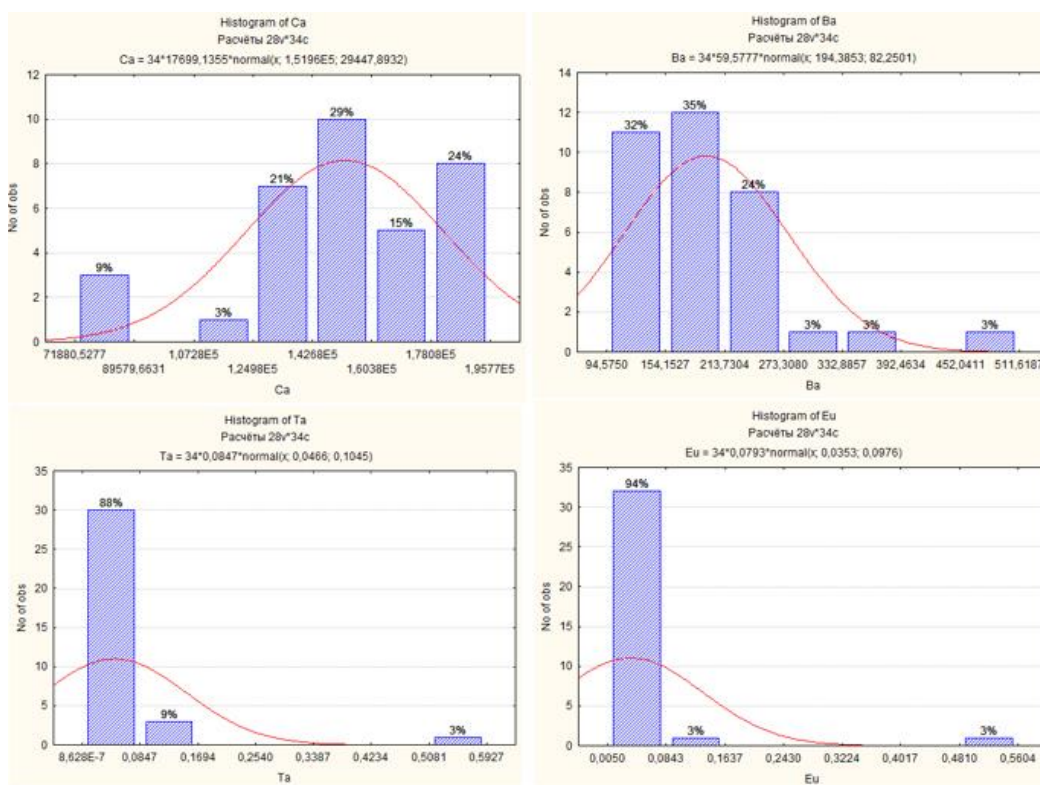


Рисунок 23 – Гистограммы распределения Ca, Ba, Ta, Eu и кривой плотности нормального, логнормального законов распределения с результатами тестов

Корреляционный анализ с целью выделения ассоциаций химических элементов проведён с использованием рангового коэффициента корреляции Спирмена, отражающего степень линейности связи. Он используется в работе в качестве непараметрического метода, и применяется для выборок с логнормальным распределением.

В ходе расчёта корреляционной матрицы критическое значение корреляции искусственно повышено до 0,0001 чтобы упростить матрицу и выделить наиболее сильные ассоциации. Полученные коррелирующие пары представлены в виде граф ассоциаций (Рисунок 24).

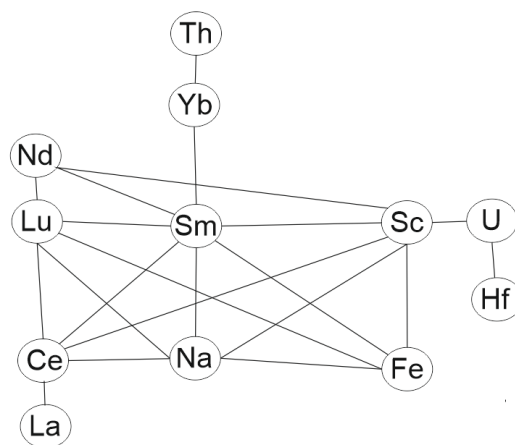


Рисунок 24 – Графы ассоциации химических элементов в пробах листьев тополя на территории г. Улан-Удэ (на уровне вероятности 95%)

При анализе граф-ассоциаций выделяется группа редкоземельных элементов: Sm, Lu, Ce, Nd; и группа Na, Fe, Sc. Также здесь представлены элементы, обособленные от остальных – это Th, Yb, U, Hf, La.

Кластерный анализ с целью объединения большого количества микроэлементов в группы по наивысшим значениям коэффициентов ранговой корреляции был проведён методом Варда. Результаты кластерного анализа представлены на (Рисунок 25).

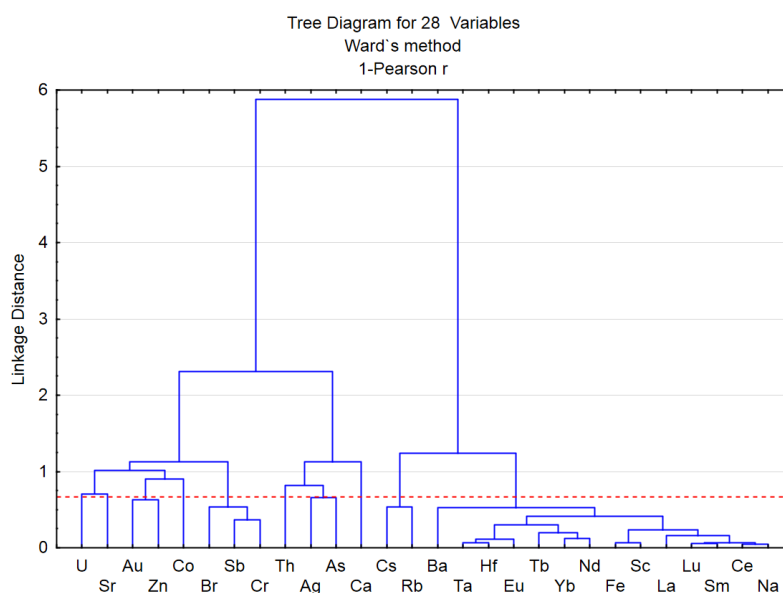


Рисунок 25 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в пробах листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

Примечание: красной линией отмечен критический уровень

Наиболее сильные корреляционные связи установлены для ассоциаций микроэлементов Br-Sb-Cr, Ta-Hf-Eu, Tb-Yb-Nd, Fe-Sc, Lu-Sm-Ce-Na.

Факторный анализ позволил выявить количество факторов и их силу с которой они влияют на дисперсию содержания химических элементов.

Результаты факторного анализа представлены на (Рисунок 26).

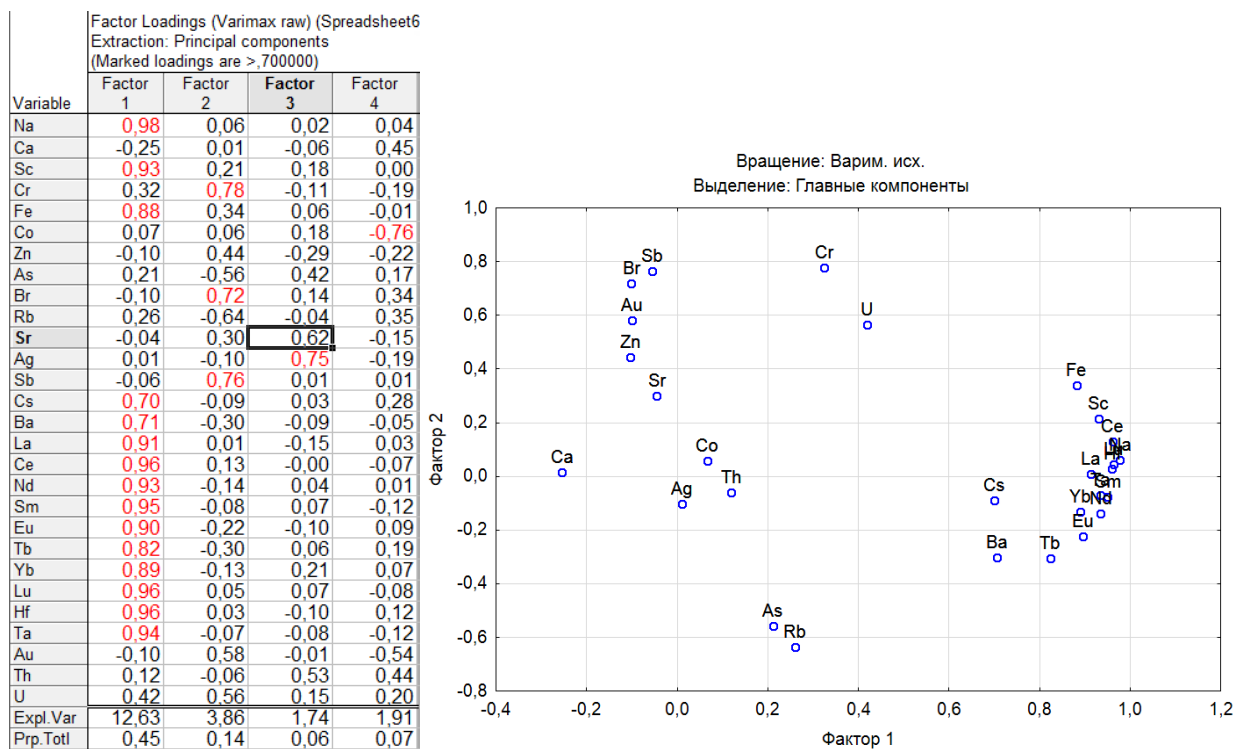


Рисунок 26 – Вращаемые факторные нагрузки в выбранной 4-х факторной модели и факторные нагрузки на общую дисперсию геохимического спектра элементов в г. Улан-Удэ

Факторный анализ показал наличие 4-х факторов влияющих на дисперсию химических элементов на территории г. Улан-Удэ. Фактор Ф1 – наиболее весомый фактор, вероятно, петрогенный, характеризуется в основном ассоциацией РЗЭ (Cs, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta), а также Ba, связанными с фактором положительной связью. Такие элементы как Na, Sc, Fe, Ce, Hf также являются литофильными.

Фактор Ф2 – менее весомый, также характеризуется положительной связью и оказывает влияние на дисперсию Cr, Br, Sb – вероятно, техногенный.

Фактор Ф3 – характеризуется Ag, связанным положительной связью.
Фактор Ф4 – характеризуется Co, связанным отрицательной связью.

Высокие факторные нагрузки характерны для некоторых ассоциаций микроэлементов, выделенных по результатам корреляционного анализа и построения граф-ассоциаций, это – техногенные Br-Sb-Cr (Ф2); элементы ассоциации РЗЭ и некоторые литофильные элементы (Ф1) Ta-Hf-Eu, Tb-Yb-Nd и Fe-Sc, Lu-Sm-Ce-Na. Наибольший вклад в загрязнения вносят Na, Sc, которые не несут серьёзной опасности для окружающей среды города в существующих концентрациях, а также Ce, Sm, Lu, Hf.

Влияние первого фактора на общую дисперсию химических элементов, вероятно, обусловлено влиянием природных источников поступления и отражает специфику геохимического состава пород на территории г. Улан-Удэ. Второй фактор, вероятно, техногенный, может включать в себя в том числе выбросы автотранспорта. Третий и четвёртый факторы влияют только на дисперсии Co и Ag, которые могут иметь свои источники поступления.

Для иллюстрации характера распределения содержаний лёгких и тяжёлых РЗЭ в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ были построены карты (Рисунок 27, Рисунок 28).

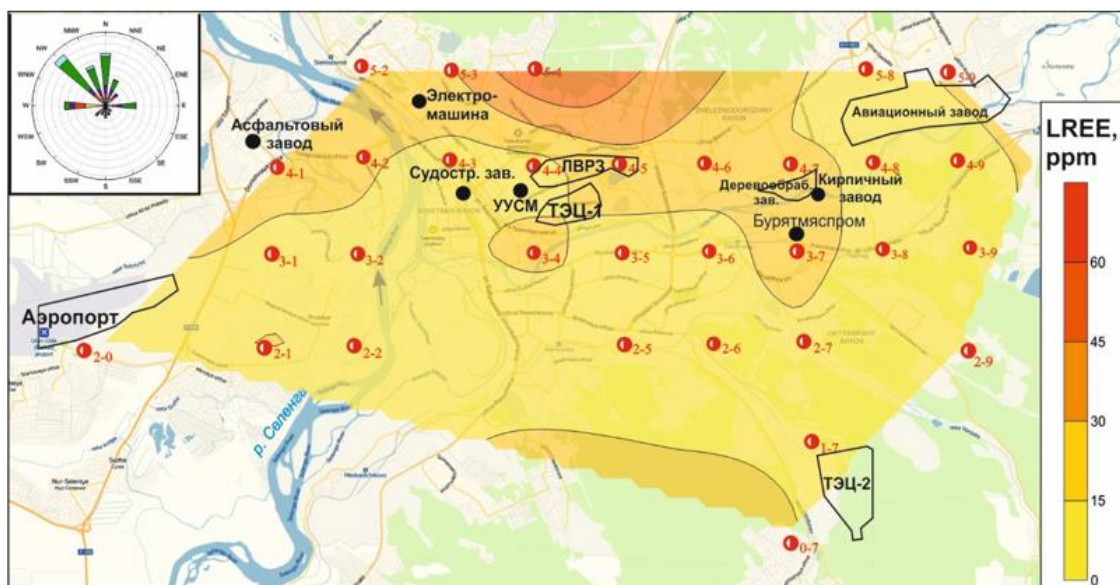


Рисунок 27 – Карта распределения лёгких РЗЭ в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

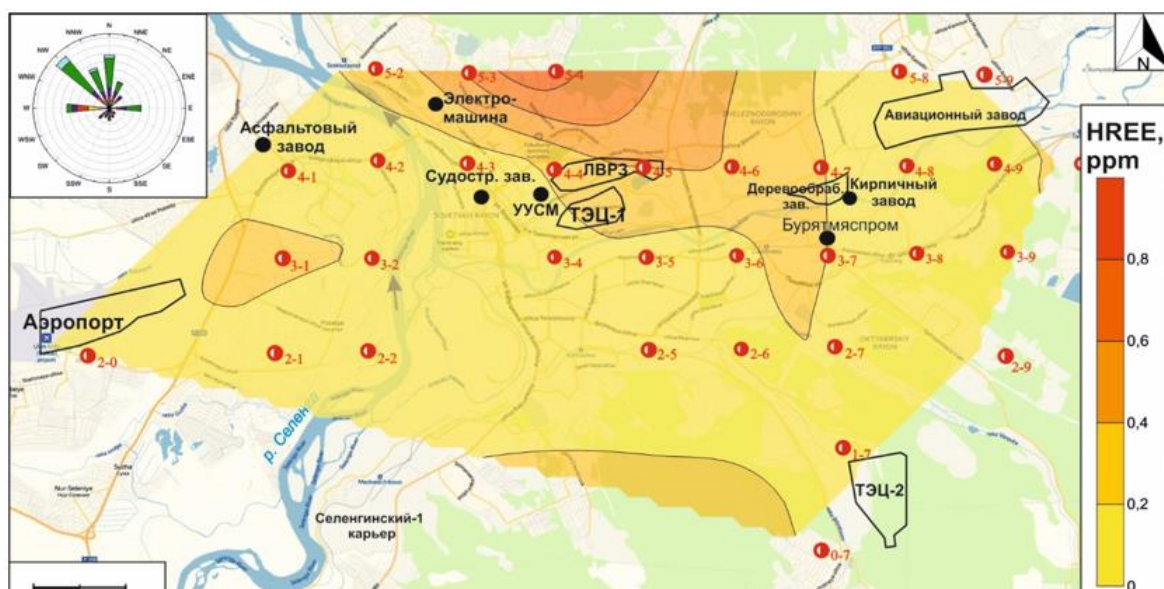


Рисунок 28 – Карта распределения тяжелых РЗЭ в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

В районе точки 5-4 выделяется комплексная аномалия редкоземельных и рассеянных элементов.

Геохимическая специализация территории исследования проявляется при рассмотрении геохимических рядов элементов, построенных по значениям коэффициентов концентрации (K_k) в порядке их убывания (Таблица 7). При построении первого ряда K_k определялся как отношение медианного содержания элементов в золе листьев города к медианным значениям содержания элементов в листьях тополя урбанизированных территорий Сибири и Дальнего Востока [69].

Также был построен геохимический ряд, нормированный к медианному содержанию элементов в листьях тополя фоновой территории пос. Тунка. В обоих случаях значимыми K_k принимались величины более 1,5. Наличие значимых ($>1,5$) коэффициентов концентраций для Nd, Ce, Cs, U и La в первом ряду свидетельствует, вероятно, о проявлении природного фактора и отражает региональную геохимическую специализацию территории Забайкалья [59].

Таблица 7 – Геохимические ряды элементов в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

Кк относительно средних содержаний в золе листьев тополя урбанизированных территорий [7]													
<u>Nd</u> 2.02	<u>Ce</u> 1.85	<u>Cs</u> 1.79	<u>U</u> 1.70	<u>La</u> 1.51	<u>Sr</u> 1.41	<u>Th</u> 1.32	<u>Hf</u> 1.31	<u>Au</u> 1.23	<u>Fe</u> 1.22	<u>Sc</u> 1.19	<u>Ca</u> 1.12	<u>Sm</u> 1.06	<u>Ag</u> 1.00
<u>Na</u> 0.99	<u>Ba</u> 0.98	<u>Lu</u> 0.94	<u>Br</u> 0.79	<u>Sb</u> 0.78	<u>Cr</u> 0.75	<u>Co</u> 0.62	<u>Yb</u> 0.60	<u>Ta</u> 0.52	<u>Zn</u> 0.38	<u>Tb</u> 0.33	<u>As</u> 0.26	<u>Eu</u> 0.09	<u>Rb</u> 0.03
Кк относительно содержаний элементов в золе листьев тополя пос. Тунка													
<u>Sb</u> 13.3	<u>Br</u> 8.89	<u>Cr</u> 6.56	<u>Lu</u> 3.75	<u>Cs</u> 3.69	<u>As</u> 1.94	<u>Sr</u> 1.89	<u>Hf</u> 1.77	<u>Au</u> 1.47	<u>Na</u> 1.36	<u>Sm</u> 1.31	<u>Ce</u> 1.27	<u>Fe</u> 1.23	<u>Ag</u> 1.23
<u>Sc</u> 1.08	<u>Th</u> 1.06	<u>La</u> 1.01	<u>Ca</u> 1.00	<u>Yb</u> 0.85	<u>Nd</u> 0.82	<u>Ba</u> 0.78	<u>Co</u> 0.74	<u>Eu</u> 0.66	<u>U</u> 0.38	<u>Ta</u> 0.37	<u>Tb</u> 0.37	<u>Zn</u> 0.26	<u>Rb</u> 0.02

Второй геохимический ряд с приоритетным перечнем элементов Sb, Br, Cr, Lu, As, Sr, Hf отражает техногенный фактор связан с воздействием основных городских предприятий и объектов транспортной инфраструктуры. Повышенное содержание Sr характерно для каменных углей Олонь-Шибирского месторождения Тугнуйского разреза [33]. Такие угли используются в качестве основного топлива на ТЭЦ-2, ТЭЦ-1. Каменный уголь из Тугнуйского разреза в 1,1 – 18,8 раз обогащён Sc, Sr, Zn.

Ореолы сурьмы, брома, хрома рассеиваются преимущественно от центра города, где расположены крупные автодороги и сконцентрированы промышленные предприятия, а также от района пробы 4/2, отобранной у автодороги (Рисунок 29).

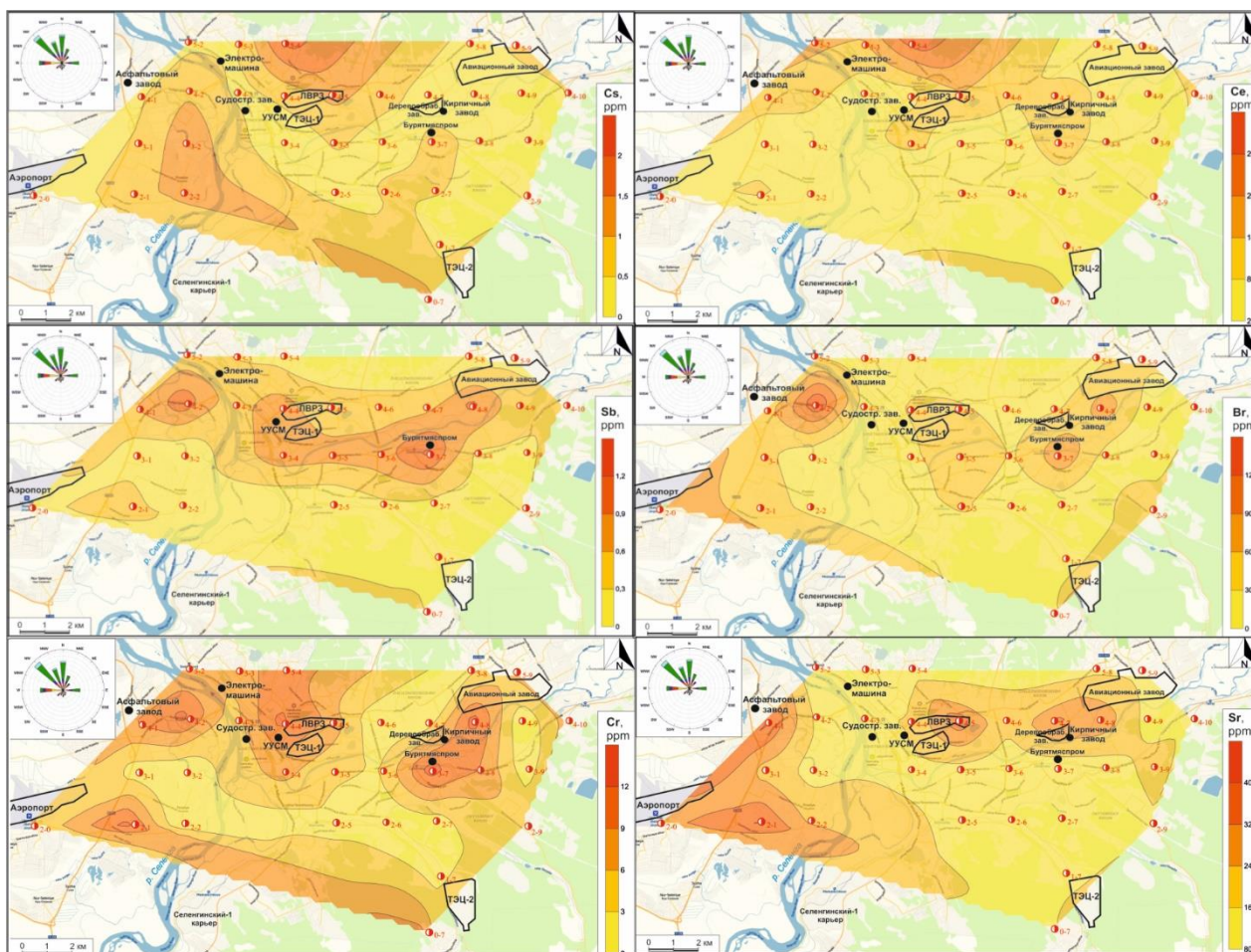


Рисунок 29 – Пространственное распределение содержаний Cs, Se (верхний ряд), Sb, Br (средний ряд) и Cr (снизу) в золе листьев на территории г. Улан-Удэ

5.2 Биогеохимические ореолы ртути

По данным атомно-абсорбционного анализа установлен уровень концентрации ртути в сухой массе листьев тополя.

Среднее содержание ртути в сухом веществе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ составляет 18 нг/т, такое содержание почти совпадает с медианой, что свидетельствует об отсутствии явных аномальных концентраций и значительном разбросе значений (Таблица 8).

Минимальное содержание ртути в выборке (11,2 нг/т) не превышает уровень содержания ртути в листьях тополя в городах Сибири и Дальнего Востока в 2015 г. (25 нг/т).

Таблица 8 – Статистические показатели распределения ртути (в нг/г)

Среднее	18,4	Асимметричность	0,32
Стандартная ошибка	0,72	Минимум	11,2
Медиана	19,0	Максимум	28,3
Стандартное отклонение	3,92	Коэффициент вариации (%)	97
Экссесс	-0,04		

По данным содержания ртути в листьях тополя построена карта пространственного распределения элемента в пределах г. Улан-Удэ (Рисунок 30).

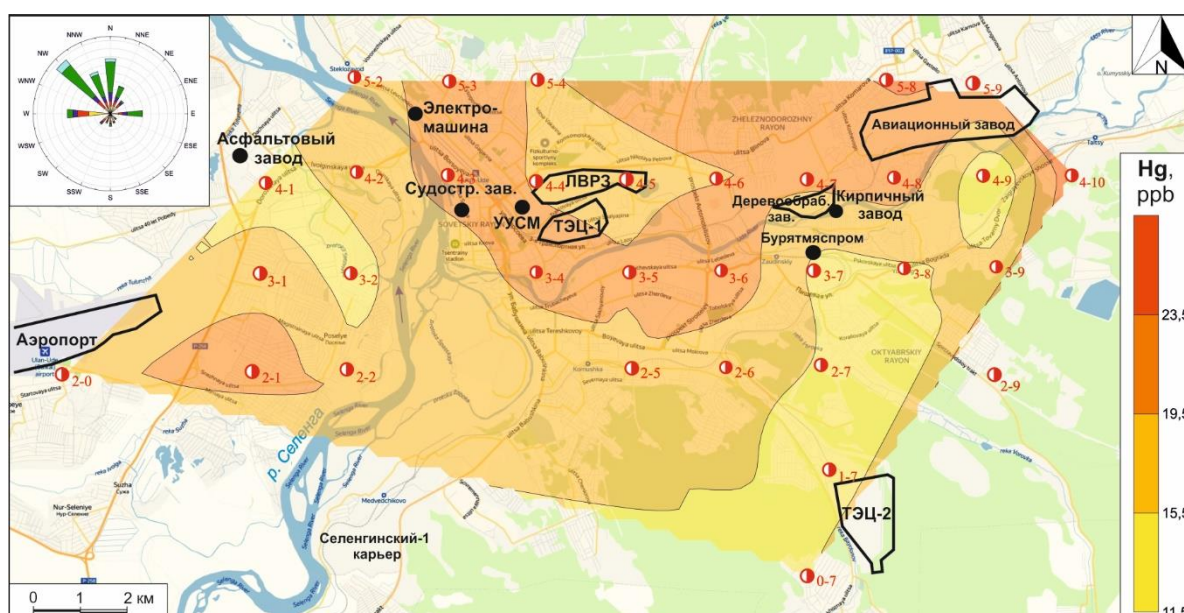


Рисунок 30 – Распределение ртути на территории г. Улан-Удэ по данным опробования сухой массы листьев тополя

Максимальное содержание ртути – 28,3 и 23,9 нг/г установлены в точках 4/10, 5/8 соответственно и незначительно превышают средний уровень содержания.

5.3 Интегральная оценка содержания элементов в листьях тополя

Интегральная оценка концентраций химических элементов в листьях тополя бальзамического была проведена с помощью аддитивного подхода, а также расчёта значений коэффициента Шоу и коэффициента биогеохимической трансформации.

Коэффициент Шоу используется для оценки концентрационных свойств листьев тополя на территории г. Улан-Удэ и представляет собой усредненный коэффициент концентрации группы элементов в золе листьев тополя на определенной урбанизированной территории. Аддитивный показатель (Agi) учитывает только K_k более 1 (или более 1,5), коэффициент Шоу (R) – сумму всех K_k , коэффициент биогеохимической трансформации (Zv) — K_k и K_r . Последний является более усредненным показателем.

На основе рассчитанных значений интегральных показателей построены карты изолиний, отражающие их пространственное распределение по данным ИНАА (Рисунок 31, Рисунок 32, Рисунок 33).

Картирование показало, что характер распределения всех трёх интегральных показателей на территории г. Улан-Удэ схож. Согласно расчётам коэффициента Шоу, наибольшие концентрации элементов в листьях тополя происходят в пробе 5/4 (6,6). Для проб 0/7, 4/5, 5/3, 4/6, 4/10 значения коэффициента колеблются в диапазоне 2-2,5. В целом на территории г. Улан-Удэ химические элементы преимущественно концентрируются ($R > 1$).

Характер распределения значений аддитивного показателя на территории города показывает, что химические элементы со значимыми K_k концентрируются более всего в пробах: 5/4 ($Agi=10,4$), 4/8, 07/, 4/5, 2/0, 4/10.

Коэффициент биогеохимической трансформации (Zv) на всей территории города принимает значения кратно превышающие 45, что соответствует максимальному, чрезвычайно опасному уровню [32]. Наибольшие значения коэффициента в пробах: 5/4 ($Zv=187$), 4/9, 4/8, 2/9, 4/4.

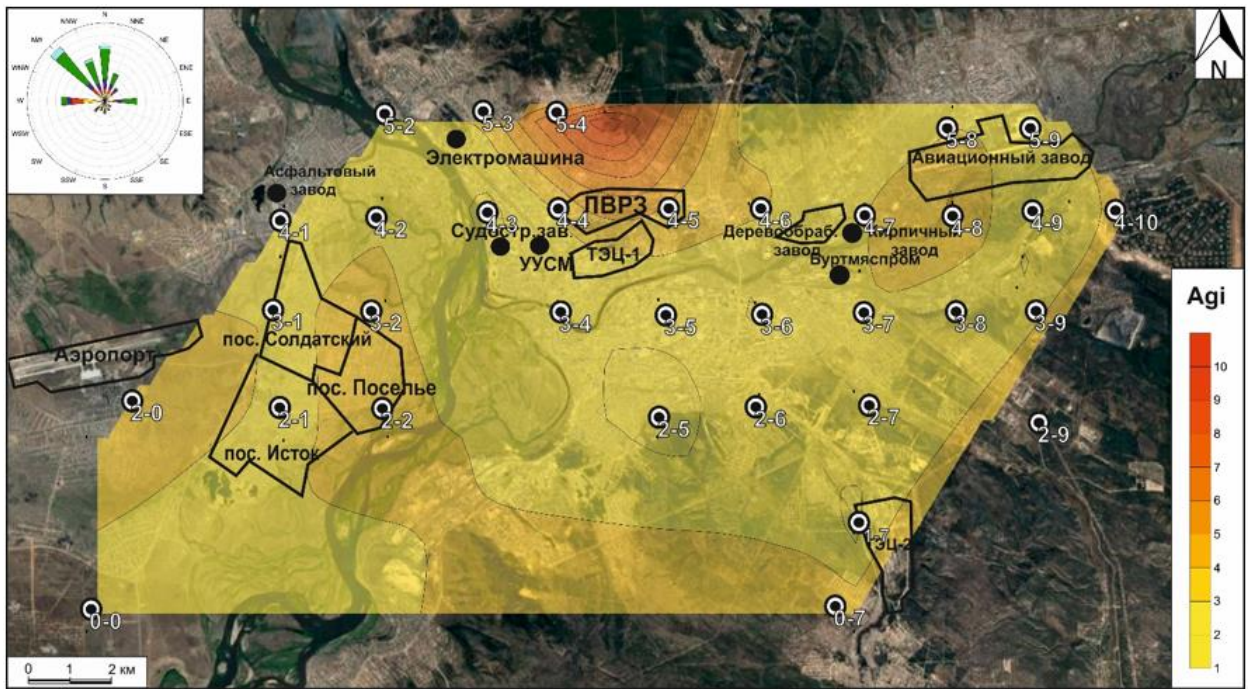


Рисунок 31 – Карта распределения аддитивных показателей (Agi) с учётом медианы региональных содержаний

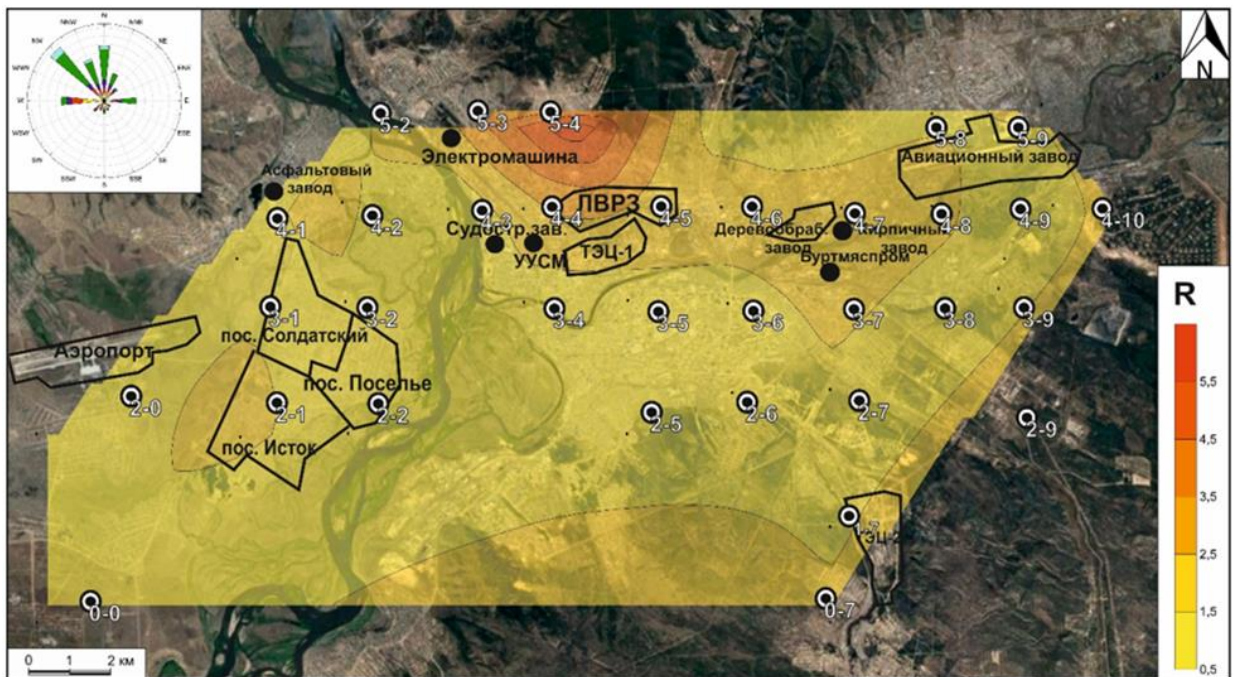


Рисунок 32 – Пространственное распределение значений коэффициента Шоу (R) в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

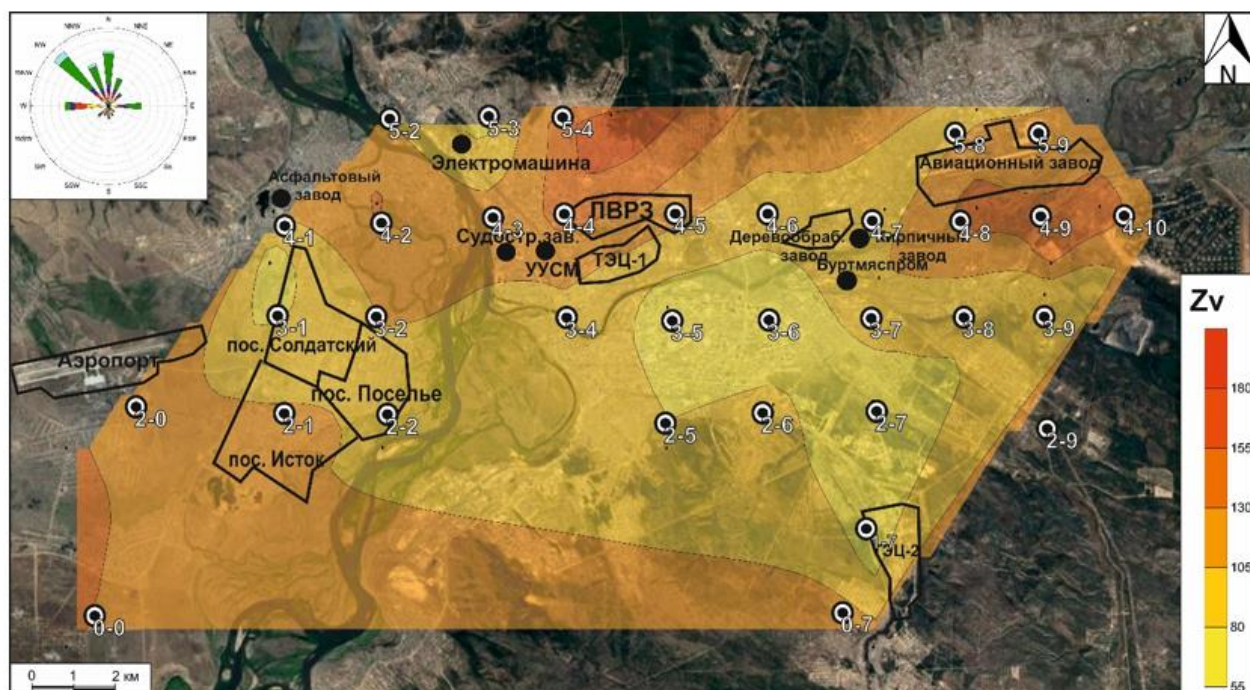


Рисунок 33 – распределение значений коэффициента биогеохимической трансформации (Z_v) в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

Таким образом на территории г. Улан-Удэ наибольшие положительные аномалии концентрации химических элементов в листьях тополя наблюдаются в районах проб 5/4, 4/8, 4/9, 0/7, среди которых наиболее высокие значения все интегральные показатели принимают в пробе 5/4.

5.4 Содержание зольных веществ в листьях тополя

Исследования показывают, что зольный состав растительных тканей зависит как от вида растения и его части, стадии вегетационного периода, так и от внешних факторов, среди которых почвенные условия, температура и интенсивность осадков [12, 30]. То есть влияние техногенного загрязнения не единственный значимый фактор, формирующий уровень зольности в фитомассе. Как правило зольность в растениях достигает наибольшего уровня в конце вегетационного периода (сентябре), а также при увеличении антропогенной нагрузки. Это может быть вызвано накоплением загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферы.

Показатель зольности рассчитывался согласно формуле (6). По результатам расчётов построена карта распределения значений показателя зольности в пробах листьев на территории г. Улан-Удэ (Рисунок 34).

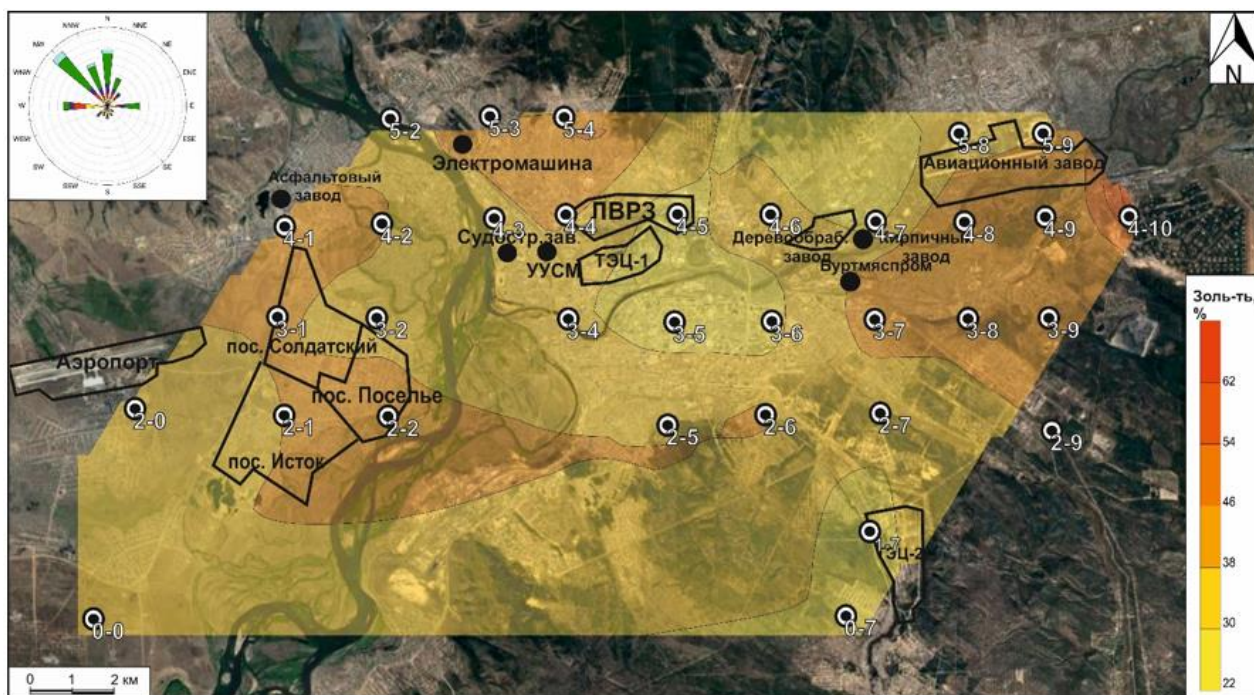


Рисунок 34 – Распределение значений показателя зольности в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

Численные характеристики показателя зольности приведены в (Таблица 9).

Таблица 9 – Численные характеристики показателя зольности листьев тополя на территории г. Улан-Удэ

X	λ	Me	S	D	E	A	min	max	V (%)
37,3	1,6	38,2	9,5	90,4	5,7	1,5	23	74,4	25

Примечания: X – среднее арифметическое; λ – стандартная ошибка; Me – медиана; S – стандартное отклонение; D – дисперсия выборки; E – эксцесс; A – асимметрия; min – минимальное значение; max – максимальное значение; V – коэффициент вариации.

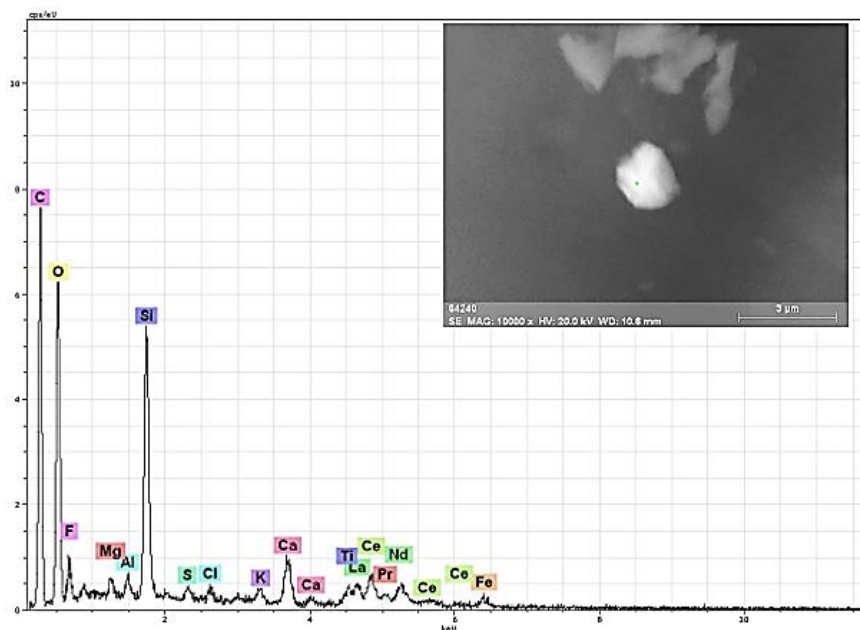
Коэффициент вариации зольности проб составляет 25%, что соответствует однородному характеру распределения. Расчёты показали

превышение показателя зольности в 2-3 раза по сравнению со средними значениями для листьев тополя в городах Сибири (12%) [70]. Это максимальное значение среди всех городов. Обычно листья растений характеризуются показателем зольности (до 15% и более) [2, 42, 39].

В районе пробы с максимальной зольностью 4-10, расположенной возле ж/д станции Тальцы, находится войсковая часть, хранятся ракетные установки и другие виды вооружения [107]. Проба 5/4, вторая по величине показателя, расположена на холмистой возвышенности в районе с частной застройкой. В частном секторе расположены пробы 2/1, 2-2, 5/3. Все эти территории преимущественно с открытым грунтом, здесь практически отсутствуют зелёные насаждения. Проба 2/9 находится возле котельной спиртзавода, проба 4/1 возле асфальтового завода, проба 4/9 возле УУАЗ, располагающего своей котельной.

При выявлении причин, обуславливающих высокую зольность листьев тополя в г. Улан-Удэ в целом, помимо наличия больших территорий с открытым грунтом и отсутствия лесонасаждений, стоит учитывать характер местного эолового ландшафта. Хозяйственное освоение такого типа вместе с наличием пород песчаного состава приводит к активному переносу пылевых частиц и учащению пыльных бурь. Улан-Удэ находится на днище Иволгино-Удинской межгорной впадины, представляющей собой ровную террасированную поверхность, что не создаёт естественных преград для переноса пылевых частиц.

Для выявления минеральной специфики выпадающих на листья загрязняющих веществ была проведена РЭМ пробы 5/4, отличающейся аномальными содержаниями редкоземельных элементов (РЗЭ), высоким показателем зольности и наибольшими значениями интегральных показателей. При изучении пробы была выявлена фаза РЗЭ, в этой форме происходит осаждение на поверхность листьев в твёрдой фазе (Рисунок 35).



Элемент	O	Si	La	Ce
Масс. %	36,50	5,82	3,21	5,48

Рисунок 35 – Снимок частицы с РЗЭ в обратно-рассеянных электронах и энергодисперсионный спектр частицы в пробе 5/4 - (Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe – матричные элементы)

Для рентгеновской дифрактометрии были взяты пробы с наибольшими показателями зольности – 2/2, 3/10, 4/10, 5/4 (Рисунок 36 - Рисунок 39).

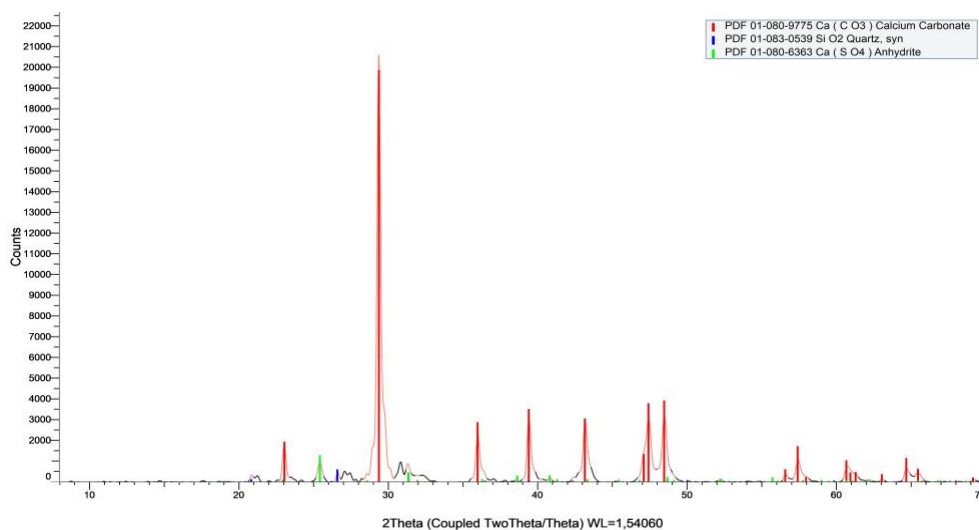


Рисунок 36 – Дифрактограмма пробы 2/2 с содержанием карбоната кальция (87,6%), кварца (2,7%), ангидрита (9,7%)

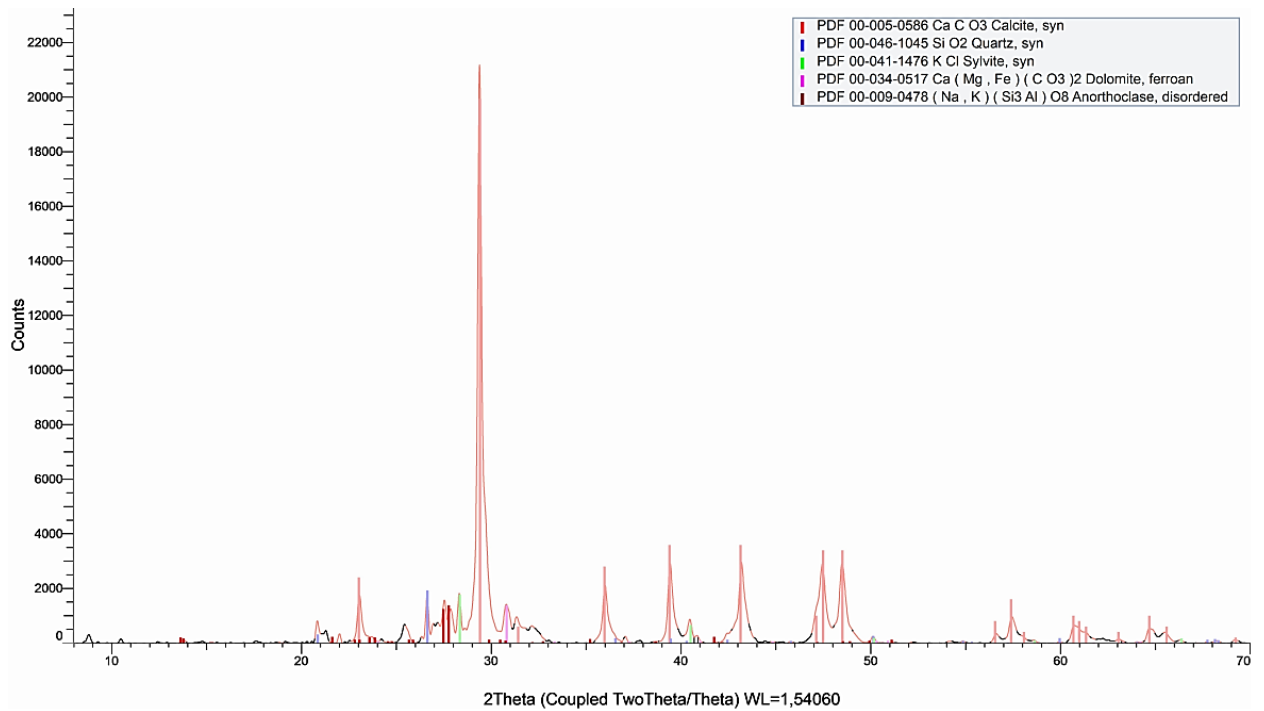


Рисунок 37 – Дифрактограмма пробы 3/10 с содержанием кальцита (66,2%), кварца (3,7%), сальвина (11,7%), доломита (9,2%), анортоклаза (9,2%)

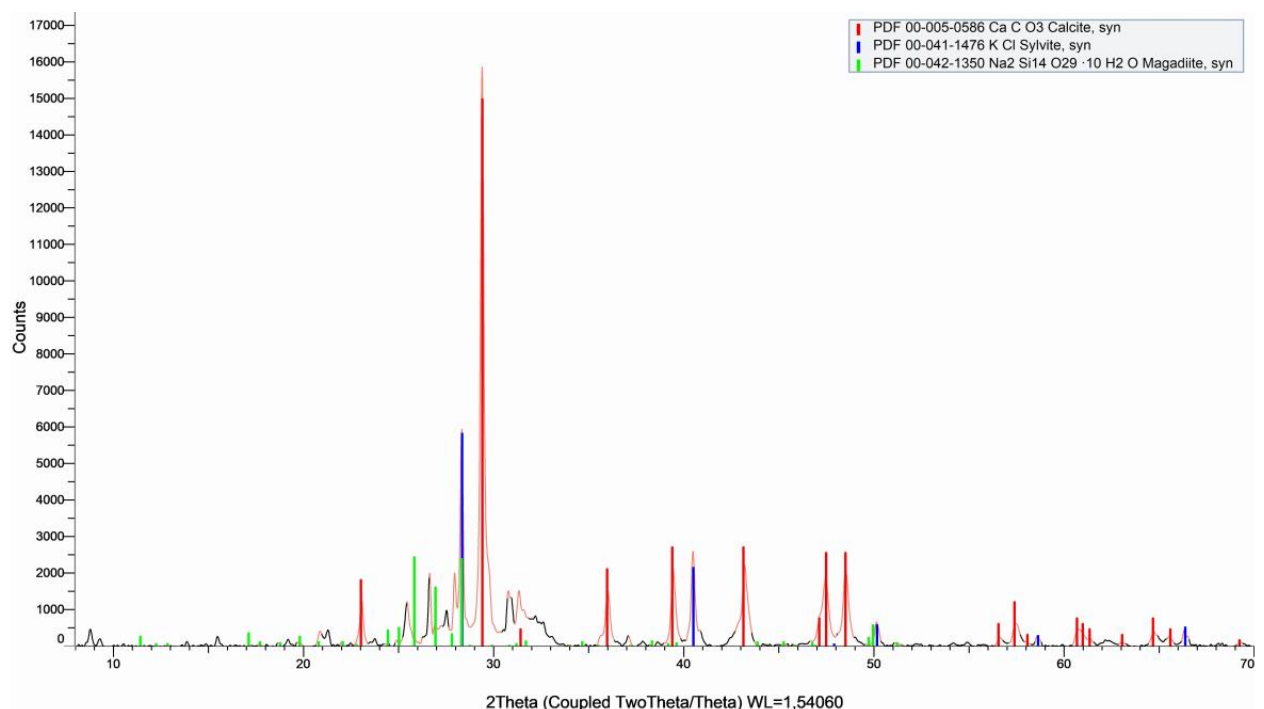


Рисунок 38 – Дифрактограмма пробы 4/10 с содержанием кальцита, сальвина, магадиита

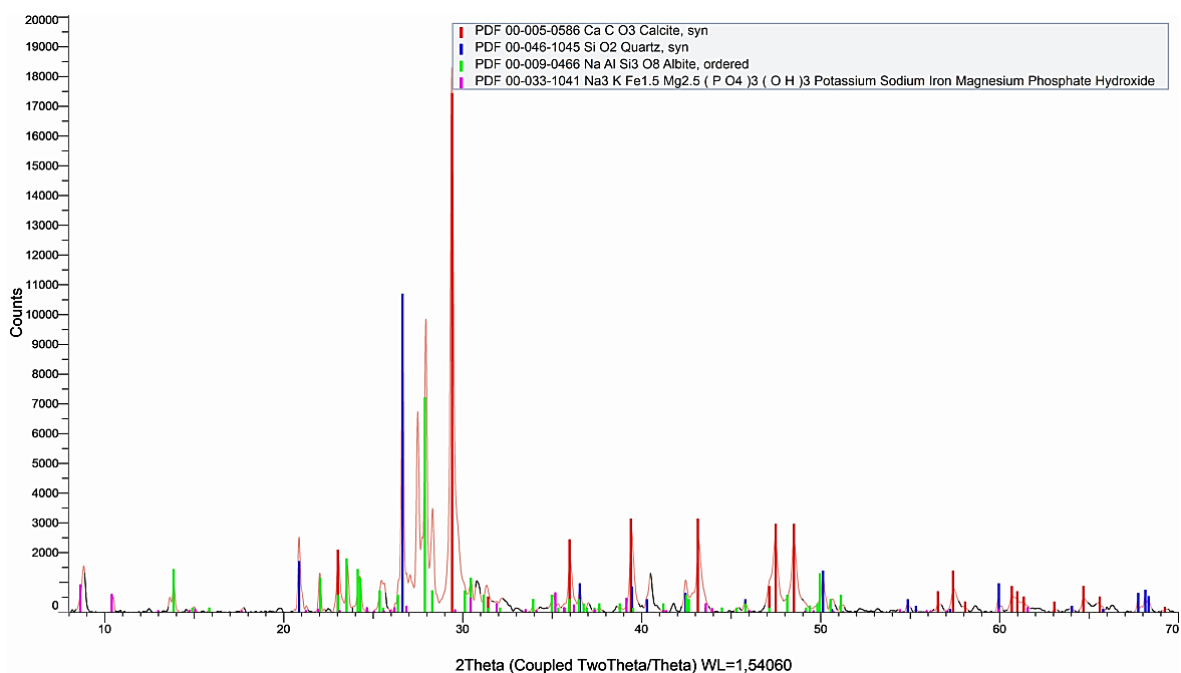


Рисунок 39 – Дифрактограмма пробы 5/4 с содержанием кальцита (53,8%), кварца (19%), альбита (21,2%), (неизвестная фаза 5,6%)

Результаты рентгеновской дифрактометрии показали наличие во всех исследуемых пробах преимущественно кальцита (47-87% зольной части). Кальцит – фитогенный минерал [12]. Возможно, изначально это мог быть оксалат кальция, образующийся в растениях на внутриклеточном уровне, то есть не патогенного происхождения [28]. Кальцит и ангидрит изначально присутствуют в биомассе и остаются в золе при её сжигании [88, 89]. Наличие вторичного (фитогенного) кальцита характерно также для элювиальных ландшафтов. Образование кальцита и его модификации арагонита – широко распространённый процесс в живых организмах. Сильвин и ангидрит – вторичные минералы. Кварц, вероятно, природная пыль.

Можно сделать предположение, что возрастание содержания кальция и, следовательно, зольности в листьях обусловлено повышенным загрязнением атмосферного воздуха [45]. Тополь является газоустойчивым растением, для таких видов характерна повышенная зольность (за счёт К, Р, Са и др.). Поглощаемые загрязняющие вещества, содержащие ионы SO_2^{2-} , NO_2^- , NO_3^- и, возможно, тяжёлые металлы могут быть нейтрализованы за счёт накопления

щелочных и щелочно-земельных элементов увеличивающих буферную ёмкость цитоплазмы и клеточного сока [45].

Среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха ТЭЦ-1, а также выбросы местных предприятий и автотранспорта, но характер распределения показателя зольности листьев на территории Улан-Удэ показывает наибольшие значения и Таким образом, вероятно, высокая зольность проб обусловлена ветровым переносом при пылении открытого грунта, материнских пород.

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе приводится технико-экономическое обоснование проведения работ по теме выпускной квалификационной работы.

Цель раздела определить и проанализировать трудовые и денежные затраты, направленные на реализацию данной научно-исследовательской работы, а также определить перспективность и успешность работы, оценку его эффективности, уровень возможных рисков, разработать механизмы управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

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

Исследование проведено на территории г. Улан-Удэ – столицы республики Бурятия, крупного научного, культурного и промышленного центра Восточной Сибири. Улан-Удэ характеризуется значительной концентрацией промышленных предприятий, растущей численностью способностью воздушного бассейна и большой площадью частной застройки с печным отоплением. Уровень загрязнения характеризуется как очень высокий [16, 56]. Объектом исследования послужили листья тополя бальзамического (*Populus Balsamifera L.*) как биогеохимический индикатор качества приземного атмосферного воздуха [68].

6.1 Предпроектный анализ

6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

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

В данном проекте можно выделить следующие сегменты рынка:

- Министерство природных ресурсов и экологии республики Бурятия
- Забайкальское межрегиональное управление Росприроднадзора
- Научно-исследовательские организации, университеты;
- Граждане.

6.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

С целью проведения оценки сравнительной эффективности научной разработки и определения направления её будущего повышений проводится анализ конкурентных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В рамках данного научного исследования проводится анализ загрязнённости атмосферного воздуха с помощью листьев тополя бальзамического.

Возможно применить два способа исследования лесного фонда. Оценка конкурентов приведена в (Таблица 10).

Критерии оценки были подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учётом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Вес показателей в сумме должен составлять 1.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Таблица 10 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности	0,14	5	4	4	0,70	0,56	0,56
2. Точность	0,18	5	4	4	0,90	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	4	5	3	0,60	0,75	0,45
4. Технологичность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,60
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	5	5	0,60	0,60	0,60
2. Цена	0,14	5	2	4	0,70	0,28	0,56
3. Время	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
Итого	1	38	28	28	4,73	3,96	3,97

*Примечание** Ф – разрабатываемый проект, к1 – анализ атмосферного воздуха с помощью газоанализатора, к2 – анализ атмосферного воздуха с помощью проб снегового покрова.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

По результатам проведенного анализа конкурентов, можно сделать вывод что уязвимость разрабатываемого проекта состоит в том, что он требует больше времени на выполнение и его скорость ниже по сравнению со скоростью K_1 . Среди преимуществ проекта можно выделить цену, повышение производительности, точность и технологичность.

6.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта, его применяют для исследования внешней и внутренней среды

проекта. Анализ проводится в 3 этапа. Матрица SWOT-анализа приведена в (Таблица 11).

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

Таблица 11 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>С1. Проблема загрязнения атмосферного воздуха;</p> <p>С2. Низкая цена проекта;</p> <p>С3. Достаточно высокая точность результатов;</p> <p>С4. Распространённость и доступность объекта исследования;</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования;</p> <p>Сл2. Погрешность методов анализа;</p> <p>Сл3. Анализ показывает загрязнение атмосферного воздуха только за летний период.</p>
Возможности	Угрозы
<p>В1. Использование результатов исследования для программы работ в Бурятском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;</p> <p>В2. Прогнозирование экологической обстановки городской среды на локальном и региональном уровнях.</p>	<p>У1. Неодобрение проекта со стороны властей;</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>

Второй этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивная матрица проекта представлена в (Таблица 12). Каждый фактор помечается либо знаком «+» (сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
В1		+	+	+	0	-
В2		+	+	+	0	-

		Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	0	0
	B2	0	0	-	-	0
		Сильные стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	0	0
	У2	0	0	-	-	0
		Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3		
	У1	-	+	+		
	У2	+	+	+		

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа (Таблица 13).

Таблица 13–SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>C1. Проблема загрязнения атмосферного воздуха;</p> <p>C2. Низкая цена проекта;</p> <p>C3. Достаточно высокая точность результатов;</p> <p>C4. Распространённость и</p>	<p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования;</p> <p>Сл2. Погрешность методов анализа;</p> <p>Сл3. Анализ показывает загрязнение атмосферного воздуха только за летний период.</p>
<p>Возможности</p> <p>B1. Использование результатов исследования для программы работ в Бурятском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;</p> <p>B2. Прогнозирование экологической обстановки городской среды на локальном и региональном уровнях.</p>	<p>- Мониторинг и прогнозировании загрязнения атмосферного воздуха;</p> <p>- Внедрение метода в крупных городах России;</p> <p>- Введение метода в вузы для обучения.</p>	<p>- Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль;</p> <p>- В зимний период использовать хвою деревьев.</p>

Угрозы	Создание конкурентоспособного проекта	Создание качественного и конкурентоспособного проекта
У1. Неодобрение проекта со стороны властей; У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.		

6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Необходимо оценивать степень готовности научной разработки к коммерциализации и выяснять уровень собственных знаний для ее проведения на стадии всех жизненных циклов. Это можно фиксировать в специальной форме, содержащей показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (Таблица 14).

Таблица 14 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2

Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	3
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
ИТОГО БАЛЛОВ	50	43

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

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что у степени

проработанности научного проекта перспективность выше среднего, а уровень имеющихся знаний у разработчика относится к средней перспективности.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования

6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В данном проекте в качестве метода коммерциализации наиболее продуктивной будет торговля патентными лицензиями и инжиниринг. Таким образом, для коммерциализации результатов, проведенного исследования, будут инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг может проводиться за счёт предоставления на договорной основе инжиниринга стороной, именуемой консультантом, другой стороне – заказчику, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика. Передача интеллектуальной собственности в таком случае производится в уставной капитал предприятия или государства.

6.2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, выполняемых для определения нового проекта или новой фазы уже существующего. Для этого определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (Таблица 15).

Иерархия целей проекта и критериях достижения целей представлены в таблице (Таблица 16).

Организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты) представлена в (Таблица 17).

Таблица 15 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Министерство природных ресурсов, Росприроднадзор	Анализ и прогноз загрязнения атмосферного воздуха

Таблица 16 – Цели и результат проекта

Цель проекта:	Изучение распределения концентраций микро- и макроэлементов в листьях тополя (<i>Populus Balsamifera L.</i>) на территории г. Улан-Удэ.
Ожидаемые результаты проекта:	Эколого-геохимическое районирование территории г. Улан-Удэ по данным элементного анализа листьев тополя.
Критерии приемки результата проекта:	Выявить возможные источники загрязнения атмосферного воздуха г. Улан-Удэ, подкрепляя доказательствами.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Отобрать пробы листьев тополя на территории г. Улан-Удэ для лабораторных аналитических исследований.
	Определить химический состав золы листьев тополя методом инструментального нейтронно-активационного анализа и атомно-абсорбционного анализа ртути.
	Определить вещественный состав поверхности листа тополя с помощью растровой электронной микроскопии.
	Провести обработку полученных данных.
	Выявить возможные техногенные и природные источники, влияющие на формирование химического состава листьев.

Таблица 17 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Юсупов Д.В, НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2	Тайкина И.А., магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, лабораторные исследования, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

В проекте существуют ограничения – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованными в рамках данного проекта (Таблица 18).

Таблица 18 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	700000
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	15.09.2019-31.05.2021
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2019
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2021

6.3. Планирование управления научно-техническим проектом

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы: иерархическая структура работ проекта; контрольные события проекта; план проекта; бюджет научного исследования.

6.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Для структурирования и определения содержания всего проекта создаётся иерархическая структура работ (ИСР) (Рисунок 40).



Рисунок 40 - Иерархическая структура работ [62]

6.3.2. План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (Таблица 19).

Таблица 19– Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2019				2020											2021						
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	7	▨																					
Согласование плана работ	7	▨																					
Литературный обзор	138		■	■	■	■	■																
Лабораторные исследования	212						■	■	■	■	■	■	■	■									
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	153														▨	▨	▨	▨	▨	▨			
Написание отчета	122																				■	■	■

6.4. Бюджет научного исследования

Планирование бюджета научного исследования сопровождается полным и достоверным отражением всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям. В данном исследовании выделены следующие категории статей: сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты; специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ; заработная плата; отчисления на социальные нужды; научные и производственные командировки.

В статью «Отчисления на социальные нужды и накладные расходы» (за вычетом отходов) входят затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (Таблица 20).

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

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40,0	80,0
Ручка шариковая	3	31,0	92,0
Ластик	2	20	40,0
Печать	150	2	300,0
Алюминиевая фольга	1	100	100
Крафт-пакеты	38	8,2	310
Всего за материалы			997,0
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			49,9
Электроэнергия			2430
Итого по статье			3476,9

В статью «Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ» входят затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (Таблица 21).

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

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (HP)	1	40000,0	40000,0
2	Программное обеспечение Microsoft Office	1	5990,0	5990,0
Итого:				45990

В статью «Зарботная плата» входит зарботная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по зарботной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной зарботной платы сводится в (Таблица 22).

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная зарботная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная зарботная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная зарботная плата одного работника; $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником; раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная зарботная плата работника, руб.

Среднедневная зарботная плата рассчитывается по формуле:

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

где: $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$

месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

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

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	58	62
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени	56	28
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * (k_{пр} + k_d) * k_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда); k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

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

$$Z_m = Z_b * K_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.; K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта проводился без учета премиального коэффициента $K_{пр}$

(определяется Положением об оплате труда) и коэффициент доплат и надбавок K_d .

Согласно информации сайта Томского политехнического университета должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году без учета РК составил 33664 руб., исполнителя – 25600 руб. Расчет основной заработной платы приведен в (Таблица 23).

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_б$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{раб}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1813,3	32	58025,6
Инженер	25600	1,3	33280	1355,4	220	298188
Итого						356213,6

В статью «Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала» входит сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

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

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб. В (Таблица 24) приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата, руб	58025,6	298188
Дополнительная зарплата, руб	8703,84	44728,2
Итого по статье $C_{зп}$, руб	66729,44	342916,2

Статья «Отчисления на социальные нужды» включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом. Отчисления на социальные нужды составляют 111013,9 руб.

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

Затраты на научные и производственные командировки составляют 35964,6 руб.

В статью «Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями» в данном проекте входит, использование Internet. Величина этих расходов определялась по договорным условиям и составляет 1560 руб.

Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (58025,6 + 8703,84) = 53383$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, бюджет проекта составляет 661038,01 приведен в (Таблица 25).

Таблица 25 – Бюджет проекта

Затраты по статьям				
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов),покупные изделия и полуфабрикаты, руб	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, руб	Основная заработная плата, руб	Доп-ая заработнаяплата, руб	Отчисления на социальные нужды, руб
3476,9	45990	356213,6	53432,04	111013,9
Научные и производственные командировки, руб	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями, руб	Прочие прямые расходы, руб	Накладные расходы, руб	Итого плановая себестоимость, руб
35964,6	1560	-	53383	661034,04

6.4.1. *Организационная структура проекта*

Проектная организационная структура проекта представлена на (Рисунок 41).



Рисунок 41– Проектная структура проекта

6.4.2. *План управления коммуникациями проекта*

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (Таблица 26).

Таблица 26 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию

Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

6.4.3. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по возможным рискам сведена в (Таблица 27).

Таблица 27 – Реестр рисков

Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
Неправильно найденный источник	3	5	Средний	Дополнительный отбор проб	Малое количество проб

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

6.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные

показатели: чистая текущая стоимость (NPV); индекс доходности (PI); внутренняя ставка доходности (IRR); срок окупаемости (DPP).

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

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

где: ЧДП_{опt} – чистые денежные поступления от операционной деятельности; I₀ – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году; t – номер шага расчета (t= 0, 1, 2 ...n); n – горизонт расчета; i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

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

Расчет чистой текущей стоимости представлен в (Таблица 28). При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационные отчисления 10 %.

Таблица 28 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	793240,8	793240,8	793240,8	793240,8
2	Итого: приток, руб.	0	793240,8	793240,8	793240,8	793240,8
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 661034	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	198310,2	198310,2	198310,2	198310,2
5	Налогооблагаемая прибыль	0	594930,6	594930,6	594930,6	594930,6
6	Налоги 20 %, руб.	0	118986,1	118986,1	118986,1	118986,1
7	Итого: отток, руб.	- 661034	317296,3	317296,3	317296,3	317296,3
8	Чистая прибыль, руб.		475944,5	475944,5	475944,5	475944,5

9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	- 661034	542047,9	542047,9	542047,9	542047,9
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	- 661034	451525,9	376181,3	313303,7	261267,1
	\sum ЧДД		1402278			
	Итого: NPV, руб.		741244			

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %; t – шаг расчета. Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 741244 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

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

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

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

$$PI = \frac{1402278}{661034} = 2.12$$

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

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных

притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $= 0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект. Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в (Таблица 29) и на (Рисунок 42).

Таблица 29 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-661034	542047,9	542047,9	542047,9	542047,9	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-661034	492721,5	447731,6	407078,0	370218,7	1056715,8
	0,2	-661034	451525,9	376181,2	313303,7	261267,1	741243,9
	0,3	-661034	416834,8	320892,4	246631,8	189716,8	513041,8
	0,4	-661034	387022,2	276444,4	197305,4	140932,5	340670,5
	0,5	-661034	361545,9	240669,3	159904,1	107325,5	208410,8
	0,6	-661034	338779,9	211398,7	132259,7	82933,3	104337,6
	0,7	-661034	318724,2	181586,0	110035,7	60709,4	10021,3
	0,8	-661034	301378,6	167492,8	92690,2	51494,6	-47977,8
	0,9	-661034	285117,2	150147,3	79139,0	41737,7	-104892,9
1,0	-661034	271024,0	135512,0	67756,0	33607,0	-153135,1	

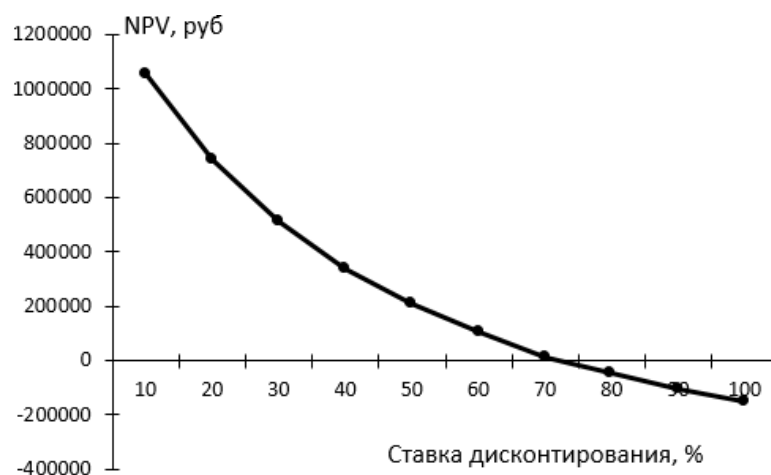


Рисунок 42 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,70. Запас экономической прочности проекта: $70\% - 20\% = 50\%$.

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени. Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (Таблица 30).

Таблица 30 – Дисконтированный срок окупаемости

Наименование показателя	Шаг расчета				
	0	1	2	3	4
Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-661034	451525,9	376181,3	313303,7	261267,1

То же нарастающим итогом, руб.	-661034	-209508,1	166673,2	146630,5	114636,6
Дисконтированный срок окупаемости	PP_{дск} = 1 + (209508,1/376181,3) = 1,56 года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (Таблица 31).

Таблица 31 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Техногенное загрязнение атмосферного воздуха	Мониторинг состояния атмосферного воздуха
Заболеваемость населения в следствие загрязнения воздуха	Выявление техногенных источников воздействия на окружающую среду

6.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

Эффективность можно определить на основе расчёта интегрального показателя эффективности научного исследования, который связан с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

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

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

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

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (Таблица 32).

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.Выход продукта (системы мониторинга)	0,20	5	4	5
2.Удобство эксплуатации	0,15	5	3	4
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	5	3	4
5.Простота эксплуатации	0,15	5	4	5

6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25

$$I_m^p = 5 \times 0.2 + 5 \times 0.15 + 4 \times 0.15 + 5 \times 0.15 + 5 \times 0.15 + 5 \times 0.20 = 4.7$$

$$I_1^A = 4 \times 0.2 + 3 \times 0.15 + 4 \times 0.15 + 3 \times 0.15 + 4 \times 0.15 + 4 \times 0.2 = 3.7$$

$$I_2^A = 5 \times 0.2 + 4 \times 0.15 + 4 \times 0.15 + 4 \times 0.15 + 5 \times 0.15 + 5 \times 0.2 = 4.55$$

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

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

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

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

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в (Таблица 33).

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,7	4,55

3	Интегральный показатель эффективности	4,8	3,7	4,59
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,29 (p/a ₁)	1,04 (p/a ₂)	

Вывод: сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что разработанный вариант проведения проекта наиболее эффективен при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Был рассчитан бюджет научного исследования, определены статьи расходов, найдены сильные и слабые стороны проекта, предложены меры по смягчению рисков. По итогам расчётной части был получен ряд важных показателей, дающих нам право говорить о жизнеспособности проекта на рынке. Чистая текущая стоимость, (NPV) составила 741244 руб.; индекс доходности $PI=2,12$; внутренняя ставка доходности $IRR=70\%$, срок окупаемости $PP_{дск}=1,56$ года, при этом бюджет проекта равен 666034,04. Таким образом, мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данная выпускная квалификационная работа посвящена эколого-юогеохимической оценке территории г. Улан-Удэ посредством изучения элементного состава листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera L.*).

В данной работе рассматриваются виды работ и параметры производственного процесса, «камерального» этапа обработки информации на персональном компьютере (ПЭВМ) в закрытом помещении.

Камеральный этап включил в себя обработку результатов анализа проб, систематизацию результатов, расчёт геохимических показателей и их сравнительных характеристик, а также оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков и набор текста на персональном компьютере. В выпускной работе проанализировано 34 пробы листьев тополя бальзамического.

Актуальность выпускной работы обусловлена тем, что проблема загрязнения атмосферного воздуха в г. Улан-Удэ очень актуальная: этот город включался в список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы с 2005 – 2015 годы. Именно высокое загрязнения атмосферного воздуха здесь является причиной 14,2 % смертей среди всего населения [44].

Листья тополя являются биогеохимическим индикатором состояния атмосферного воздуха за счёт морфологических особенностей листовых пластин активно улавливать и аккумулировать загрязняющие вещества из воздушной среды. Таким образом, данная работа позволит оценить концентрацию, распределение и соотношение химических элементов в пробах листьев на территории г. Улан-Удэ и предположить источники их рассеяния.

Цель раздела «Социальная ответственность» – проанализировать вредные и опасные факторы производственной деятельности, возникающие при данной работе и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно Конституции Российской Федерации, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

В Федеральном законе Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», главе 1, статье 5 утверждены права и обязанности работника в связи с проведением специальной оценки условий труда.

В соответствии со статьей 26 настоящего Федерального закона работник вправе присутствовать при проведении специальной оценки условий труда на его рабочем месте; обращаться к работодателю (его представителю) организации, эксперту организации, проводящему специальную оценку условий труда, за получением разъяснений по вопросам проведения специальной оценки условий труда на его рабочем месте; обжаловать результаты проведения специальной оценки условий труда на его рабочем месте. Работник обязан ознакомиться с результатами проведенной на его рабочем месте специальной оценки условий труда [103].

7.2 Производственная безопасность

Рабочее место располагалось в учебном классе отделения геологии ИШПР (541 ауд.), пятый этаж 20 корпуса ТПУ. Кабинет имеет естественное и искусственное освещение (15 светильников и 2 окна). Размер помещения 8,5×9,5×3,1. Площадь на одно рабочее место в ПВЭМ составляет не менее 4,5 м², а объем – не менее 20 м³. В аудитории имеется 12 персональных компьютеров.

Работа на ПВМ проводится в помещении, соответствующем санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы».

Вредные и опасные факторы, возникающие при работе на персональном компьютере в производственном процессе, указаны в (Таблица 34).

К показателям микроклимата в помещении относят: температура воздуха и поверхностей, относительная влажность воздуха, интенсивность теплового облучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Далее рассмотрим подробнее вредные и опасные показатели, указанные в таблице.

При повышении температуры воздуха в рабочем помещении кровеносные сосуды расширяются, происходит повышение притока крови к поверхности тела и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры окружающей среды кровеносные сосуды сужаются и приток крови к поверхности тела, соответственно, замедляется, и теплоотдача уменьшается.

Влажность воздуха оказывает влияние на терморегуляцию организма. При высокой влажности (более чем 85%) затрудняется терморегуляция, а при низкой, (менее 20%) происходит пересыхание слизистой оболочки дыхательных путей.

Таблица 34 - Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка информации	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении;	1.Электрический ток; 2.Пожароопасность	Электробезопасность . Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ [91];

	<p>2. Плохая освещенность рабочей зоны;</p> <p>3. Степень нервноэмоциональной перегрузки;</p> <p>4. Электромагнитное поле.</p>		<p>Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ [92]; Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [98]; Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05-95 [101]; Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» СанПиН 2.2.4.548-96 [99].</p>
--	--	--	--

Движение воздуха, в рабочем помещении, способствует увеличению теплоотдачи организма человека. Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в (Таблица 35).

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением.

Таблица 35 - Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.
Холодный	Ia	22	22-24	40	60-40	0,1	0,1
Теплый	Ia	25	23-25	55	60-40	0,1	0,1

Примечание: Категория Ia – работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением, согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам [99].

Таким образом, микроклиматические условия рабочего помещения соответствуют гигиеническим требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 и являются комфортными.

Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности в помещениях, оборудованных ПЭВМ, заключаются в ежедневной влажной уборке и систематическом проветривании (естественная вентиляция) после каждого часа работы на ПЭВМ. Это способствует восстановлению химического состава воздуха, удалению пыли, выравниванию влажности.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки.

При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,5 м. Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия.

При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

В аудитории, где находится рабочее место, совмещенное освещение (естественное и искусственное). Естественное освещение осуществляется через боковые окна, выходящие на восток.

Общее искусственное освещение обеспечивается 15 светильниками, встроенными в потолок, расположенными в 5 рядов параллельно рабочих столов с ПЭВМ. Такое расположение осветительных приборов позволяет достичь равномерного освещения.

Яркость источников света, находящихся в рабочей зоне, должна быть не более 200кд/м^2 , яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40кд/м^2 , яркость потолка не должна превышать 200кд/м^2 и освещенность поверхности экрана не должен быть более 300 лк.

Недостаточность освещения приводит к напряжению и в дальнейшем ухудшению зрения, ослабляет внимание, происходит быстрая утомляемость. Чрезмерно яркое освещение вызывает раздражение и резь в глазах.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и для регулирования яркости окон могут быть применены занавеси, шторы, жалюзи.

Для определения общего равномерного освещения на горизонтальной поверхности, используется метод светового потока.

Расчет освещения производится для помещения размером $8,5 \times 9,5 \times 3,1$ м. Потолок в аудитории белый, стены бежевые, а пол красно-коричневой окраски. В качестве источников света при искусственном освещении используются светильники типа ЛПО 2x36 с люминесцентными лампами белого света. Основные характеристики:

- количество и мощность лампы – 2×36 Вт;
- мощность, потребляемая из сети – 85 Вт;
- размеры, мм: $1262 \times 205 \times 72$;

- КПД – 54%;
- световой поток – 2×2850 лм.
- высота светильника над рабочей поверхностью $h=2,35$ м при высоте рабочей поверхности над полом $0,75$ м.;

– L – расстояние между соседними светильниками или рядом (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B);

- l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина, уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности.

Для выбранного типа светильника (с косинусным типом кривой): $\lambda=1.4$, следовательно, оптимальное расстояние между светильниками: $L = \lambda \times h = 1.4 \times 2.35 = 3.29$ (м). Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены в случае, когда рабочие места расположены у стен, рекомендуется принимать равной $0,3 \times L$, в данном случае $l=0,987$ (м).
 Определение требуемого количества светильников:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_l}$$

где E – требуемая освещенность горизонтальной плоскости по СНиП 23-05-95, лк;

S – площадь помещения, m^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли ($K_3=1,4$);

U – коэффициент использования осветительной установки, %;

Φ_l – световой поток одной лампы, лм; n – количество ламп в одном светильнике.

Для определения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения i , значения коэффициентов отражения стен $\rho_{ст}$ и потолка $\rho_{п}$ и тип светильника.

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{9.5 \times 8.5}{3.1(9.5 + 8.5)} = 1.45$$

$$\rho_{ст} = 50\%, \rho_{п} = 70\%, \text{ следовательно, } U=60.$$

$$N = \frac{400 \times 80.75 \times 100 \times 1.4}{60 \times 2 \times 2850} = 13.2$$

Из расчета видим, что для достижения освещенности в 400 лк «Естественное и искусственное освещение» в помещении необходимо установить 13 светильников, больше чем было взято для расчета.

Так как в аудитории установлено 15 светильников, результаты расчетов указывают на достаточную освещенность помещения.

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на персональном компьютере (ПК) возникает вследствие дефицита времени, большого объема информации, монотонности работы, необходимости постоянного наблюдения за информационными символами, быстрого анализа динамично меняющейся информации и особенностей ПК (сбои, оперативное ожидание и т.д.).

Во избежание утомляемости необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку.

Компьютер имеет сразу два источника электромагнитного излучения: монитор и системный блок.

Электромагнитное поле оказывает влияние на нервную систему, сердце и вся сердечно-сосудистая система. Заметно страдают также иммунитет и гормональный фон, состояние которых напрямую зависит от кровеносной системы. Под действием излучения в крови сокращается количество защитных клеток, что ослабляет иммунные функции. Заодно возмущения электромагнитного поля приводят к увеличению выработки гормона стресса –

адреналина. Повышение уровня адреналина в крови оборачивается возрастанием нагрузки на сердце.

Санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах с ПЭВМ указаны в (Таблица 36).

Основным опасным фактором при компьютерной работе является электрический ток. Источником электрического тока являются электрические установки, которые являются источником электрического тока, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

Таблица 36 – Санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах с ПЭВМ

Параметр	Частотный диапазон	Санитарная норма
Напряженность электрического поля (Е)	5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Индукция магнитного поля (В)	5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля (Е)	0 Гц	15 кВ/м
Фоновый уровень напряженности электрического поля промышленной частоты (Е)	50 Гц	500 В/м

К основными мероприятиям, направленными на ликвидацию причин травматизма, относятся:

1. Систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
2. Разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации вычислительной техники и контроль их соблюдения;
3. Соблюдения правил противопожарной безопасности;

4. Своевременное и качественное выполнение работ по проведению плавно-профилактических работ и предупредительных ремонтов.

Далее рассмотрим санитарно-гигиенические требования к помещениям для эксплуатации ПЭВМ. Помещение для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение.

Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должно быть ориентированы на север и северо-восток. В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола помещения: окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого, пол – зеленый; окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого, пол – красновато-оранжевый; окна ориентированы на восток и запад – стены желто-зеленого цвета, красновато-оранжевый. Оконные проемы должны иметь регулирующие устройства (жалюзи). Компьютер нужно установить так, чтобы на экран не падал прямой свет (иначе экран будет отсвечивать, что является вредным для экрана).

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы со следующими коэффициентами отражения:

- для потолка – 0,7 – 0,8;
- для стен – 0,5 – 0,6;
- для пола – 0,3 – 0,5.

Отделка помещения полимерными материалами производится только с разрешения Госсанэпиднадзора.

В образовательных помещениях запрещается применять полимерные материалы (ДСП, слоистый пластик, синтетические ковровые покрытия и т.д.), которые при работе ПЭВМ нагреваются, что способствует увеличению концентрации в воздухе таких вредных веществ как формальдегид, фенол, полихлорированные бифенилы, аммиак, двуокись углерода, озон и хлористый винил. Пол помещения должен быть ровной, антистатический.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) должна составлять не менее 4,5 м². В помещении должны быть медицинская аптечка и углекислотный огнетушитель.

Дисплей на рабочем месте оператора должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимым без необходимости поднять опустить голову.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитноцифровых знаков и символов. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

7.3 Экологическая безопасность

С точки зрения экологической безопасности окружающей среды в ходе работы в офисном помещении образуются сточные воды при пользовании санузлом, твёрдые коммунальные отходы и макулатура (V класс опасности). Также образуются электронные и электротехнические отходы, такие как батарейки (II класс опасности), вышедшая из строя техника и детали (IV класс опасности).

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера: обрушение здания, пожар. Наиболее возможные чрезвычайные ситуации биолого-социального характера: пандемия, террористический акт.

Одной из наиболее вероятных видов ЧС в данном случае является пожар на рабочем месте по причине короткого замыкания или пожар в здании. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федеральных законов от 10.07.2012 N 117-ФЗ) [104]. Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся:

- конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению;

- ограничения пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделки и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;

- наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;

- сигнализация и оповещение о пожаре.

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- «план эвакуации людей при пожаре»;

- памятка о соблюдении правил пожарной безопасности; – ответственный за пожарную безопасность;

- для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции;

- для локализации небольших загораний помещение оснащено углекислотными огнетушителями (ОУ-8 в количестве 2 шт.);

- установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчик-сигнализатор типа ДТП).

Таким образом, в ходе написания раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, выявлены и охарактеризованы опасные и вредные факторы, возникающие при выполнении камерального этапа работ, даны рекомендации по минимизации негативного влияния выявленных факторов на здоровье человека.

Также, была рассмотрена экологическая безопасность проведения работ и проанализирована наиболее возможная ЧС – пожар на рабочем месте. Аудитория, в которой расположено рабочее место соответствует нормам пожарной безопасности.

Рекомендации по снижению негативного воздействия вредных и опасных факторов в целом соблюдаются.

Среди вредных факторов, возникающих в ходе работы можно выделить: отклонение показателей микроклимата в помещении; недостаточная освещённость рабочей зоны; электромагнитное поле; умственное перенапряжение и эмоциональные перегрузки; поражение электрическим током.

Опасными факторами являются: поражение электрическим током и пожароопасность. Воздействие на окружающую среду заключается в образовании сточных вод, твёрдых коммунальных отходов и макулатуры (V класс опасности). Также образуются электронные и электротехнические отходы (II-IV класс опасности).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эколого-биогеохимические исследования урбанизированных территорий с использованием листьев тополя в качестве биогеохимического индикатора позволяют выявить характер атмосферного загрязнения и возможные источники рассеивания химических элементов, как техногенные, так и природные. Это представляется возможным за счёт морфологических особенностей листовой пластины тополя и его распространённости в умеренных широтах. Исследования загрязнения атмосферного воздуха с помощью листьев тополя проводятся как российскими, так и зарубежными учёными с 80-х гг. XX в.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в г. Улан-Удэ чрезвычайно актуальна. Улан-Удэ с 2000-2015 гг. входил в список городов России с наиболее загрязнённым атмосферным воздухом. Высокое загрязнение атмосферного воздуха здесь является причиной 14,2 % смертей среди всего населения [11].

Территория г. Улан-Удэ характеризуется частой повторяемостью метеорологических условий неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ, что обусловлено расположением города в Иволгино-Удинской межгорной котловине. Эоловый ландшафт и наличие аллювиальных и песчаных отложений на ровной террасированной поверхности впадины вместе с недостаточностью озеленения создают условия для пыльных бурь и загрязнения атмосферного воздуха пылевыми частицами при пылении грунтов.

Негативное воздействие на компоненты природной среды в г. Улан-Удэ в основном оказывают автотранспорт, машиностроительные предприятия (УУАЗ, ЛВРЗ), а также объекты теплоэнергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, котельные, выбросы от печного отопления). Ряд предприятий располагает своими котельными и золоотвалами. Большая часть предприятий города

сконцентрирована в Железнодорожном районе, где селитебные зоны зачастую находятся в зоне влияния предприятий.

Ситуация с загрязнением атмосферного воздуха особо обостряется в отопительный сезон из-за большого числа домов с печным отоплением и выбросов ТЭЦ-1. Число зарегистрированных частных владений в г. Улан-Удэ 45 тыс. (на 2019 г.) без учёта пригородных территорий. Зоны индивидуальной жилой застройки с печным отоплением не только опоясывают город, но и «вкраплены» в центральной его части. Большая часть этих домов отапливается углём (каменным и бурым) и дровами.

Статистическая обработка результатов ИНАА показала, что химические элементы в золе листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на территории г. Улан-Удэ распределены преимущественно неоднородно, сильно неоднородно или крайне неоднородно. Расчёт характеристик для установления закона распределения анализируемых компонентов подтвердил, что распределение соответствует логнормальному закону.

Корреляционный анализ и построенные на его основе граф-ассоциации выявили ряд ассоциаций в том числе группы РЗЭ. Кластерный анализ подтвердил наиболее сильные корреляционные связи между элементами ряда РЗЭ, Th и U, а также показал значимую корреляцию между Br-Sb-Cr.

Факторный анализ продемонстрировал наибольшее влияние, предположительно, петрогенного фактора на дисперсию химических элементов, обусловленного в основном ассоциацией ряда РЗЭ и литофильных элементов. Второй по значимости фактор, вероятно, обусловленный выбросами автотранспорта, оказывает влияние на дисперсию Cr, Br, Sb.

Картирование распределения лёгких и тяжёлых РЗЭ, которыми обогащены местные бастнезит-флюоритовые породы, а также элементов второго фактора подтверждает эту догадку. Комплексная аномалия РЗЭ и ряда рассеянных элементов преимущественно рассеивается с северной окраины города (проба 5/4), районов с частной застройкой на левобережье р. Селенги и южной окраины (проба 0/7). Это территории преимущественно с открытым

грунтом, отсутствием озеленения, малоэтажной застройкой. Здесь нет препятствий для пыления пород и переноса пылевых частиц по направлению розы ветров. В то время как ореолы Sb, Br, Cr концентрируются в основном в центре города и в районах с наибольшей концентрацией автодорог.

Геохимические ряды коэффициентов концентрации показали геохимическую специализацию листьев тополя в г. Улан-Удэ относительно городов Сибири и Дальнего Востока и фоновой территории пос. Тунка. Первый ряд свидетельствует, вероятно, о проявлении природного фактора, во втором ряду хорошо отражается сильное влияние автотранспорта – здесь ассоциация Sb, Br, Cr с наибольшими Kк.

Построенные карты распределения церия, цезия, сурьмы, брома и хрома в листьях тополя на территории Улан-Удэ подтверждают эту специфику. Сурьма, бром и хром, поступают, предположительно, в основном от автотранспорта.

По результатам атомно-абсорбционного анализа аномалий повышенных содержаний ртути в пробах листьев тополя в г. Улан-Удэ не обнаружено.

Распределение интегральных показателей имеет схожий характер и их картирование иллюстрирует рассеивание химических элементов преимущественно от северной окраины города (проба 5/4), в районе частных секторов на левобережье р. Селенга, в зоне влияния УУАЗ, железнодорожной станции и военной части (проба 4/10). То есть рассеивание в целом идёт не от центра города с наибольшей концентрацией предприятий, что похоже на влияние переноса пылевых частиц при пылении.

Листья тополя в г. Улан-Удэ характеризуются аномальной повышенной зольностью. Вероятно, она обуславливается по большей части пылением пород и грунтов, а не выбросами предприятий. Так как в обратном случае ореолы зольности были бы сконцентрированы в зоне влияния ТЭЦ-1 и в районе центра города с наибольшей густотой автодорог и предприятий. Но нельзя исключать влияние выбросов предприятий полностью.

Электронная микроскопия аномальной по всем интегральным показателям и по содержанию РЗЭ пробы 5/4 показала наличие фазы РЗЭ.

По результатам рентгеновской дифрактометрии не удалось обнаружить фаз РЗЭ в пробах с высокой зольностью, это обусловлено недостаточным нижним пределом обнаружения (1%).

Результаты проведённых анализов, статистической обработки данных, интегральные показатели и картирование в целом согласуются между собой и свидетельствуют о поступлении ряда химических элементов группы РЗЭ, рассеянных и литофильных элементов в летний период в атмосферный воздух территории г. Улан-Удэ преимущественно за счёт пыления пород и грунтов. Также видно сильное влияние выбросов автотранспорта в основном в центральной части города и местах с крупными автодорожными развязками. Литературные данные подтверждают это.

В качестве рекомендаций по снижению загрязнения атмосферного воздуха химическими элементами на территории г. Улан-Удэ можно указать необходимость организации озеленения и закрытия грунтов как на окраинах города, занятых районами с частной застройкой, так и центральных улиц города с наибольшей плотностью автодорог и концентрацией предприятий. Для этого нужно подобрать наиболее устойчивые к атмосферному загрязнению породы деревьев и растительности. Это позволит снизить уровень загрязнения атмосферного воздуха в тёплое время года за счёт поглощения большого количества загрязняющих веществ и создания естественных преград для пыления.

Как известно, проблема загрязнения атмосферного воздуха в г. Улан-Удэ особо обостряется в отопительный сезон в связи с выбросами ТЭЦ-1, котельных и при печном отоплении. Поэтому необходима модернизация работы ТЭЦ-1 и ряда устаревших котельных с целью снижения количества выбросов, для этого можно предложить использование фильтров и др. технологические изменения позволяющих снизить объём выбросов. Также можно рекомендовать увеличение процента использования природного газа

или других альтернативных более экологичных видов горючего топлива на объектах ТЭЖ (на данный момент доля угля в балансе котельного топлива 75-85%%, основным топливом для ТЭЦ-1 является каменный уголь, растопочным – мазут). Но для некоторых местных жителей переход на альтернативное более экологичное топливо будет трудноосуществимым по экономическим причинам.

Около половины выбросов загрязняющих веществ в г. Улан-Удэ приходится на автотранспорт и с каждым годом эта доля возрастает, поэтому необходимо принимать меры в сторону снижения этих выбросов. Для этого необходимо совершенствовать дорожную систему в городе с целью сокращения пробок. Кроме этого, в городе недостаточно развита система общественного транспорта не только в центральной части города, но и на окраинах, откуда местные жители вынуждены добираться на личном автомобиле.

Также при дальнейшем планировании городской среды в г. Улан-Удэ и размещении предприятий необходимо соблюдение санитарно-защитных зон, особенно в селитебных районах. На данный момент ряд предприятий расположен в непосредственной близости от жилых домов, что является неблагоприятным фактором, воздействующим на здоровье местных жителей.

Проведённый расчёт стоимости работ по оценке экологического состояния территории г. Улан-Удэ по элементному составу листьев тополя бальзамического составил 6610034,04 рубля с учётом НДС.

Среди вредных факторов, возникающих при выполнении камеральных работ: отклонение показателей микроклимата в помещении; плохая освещённость рабочей зоны; степень нервно-эмоциональной перегрузки; электромагнитное поле от ЭВМ. Опасные факторы – электрический ток и пожароопасность.

Приложение А

Раздел 1

Poplar leaves as the biogeochemical indicator of technogenesis

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ91	Тайкина Инна Андреевна		

Консультант – лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Забродина И.К.	К.п.н., доцент		

POPLAR LEAVES AS THE BIOGEOCHEMICAL INDICATOR OF TECHNOGENESIS

Biogeochemical monitoring is a scientific approach using for evaluation of current state of landscapes, geosystems, terrestrial and aquatic ecosystems because of chemical element pollution [27].

Biogeochemical monitoring is based on possibility of living matter to change in accordance with environment pollution level. As a result, it shows the state of abiotic components of the environment. This method is an appropriate for geoecological studies of urban areas. It is widely used for scientific and practical researches.

The idea to apply biogeochemical monitoring as a specialized scientific approach for current sustain valuation and prediction landscapes and geosystems changes due to technogenesis and chemical elements influence was origin in the late 80s and early 90s of XXth century [27].

Biogeochemical and ecological monitoring should be distinguished, as they are not synonymous. The first one is based on a theoretical and practical biogeochemistry, and the second one on an applied ecology and connected with general biological monitoring [29].

It is worth mentioning the difference between bioindication and biomonitoring. Bioindicator – is an organism, which contains information about a qualitative assessment of the environmental state. Biomonitor contains information about the quantitative assessment of the environmental state [3].

Therefore, bioindication allows to define the presence of the chemical element or substance whereas biomonitoring the amount of it.

The biogeochemical method of ore deposits searching according to plants and soils played a big role in biogeochemical monitoring development. This method is appropriate for determination of chemical elements and heavy metals nature-causes and anthropogenic distribution halos. Therefore, it is possible to use the basic techniques of the biogeochemical monitoring of the environment by means of

biological objects testing (test-indicators). It may be used both in search and anthropogenic biogeochemistry as well as in biogeochemical environment monitoring [27].

Higher plants are used for monitoring of a various kinds of pollution over the last 40-50 years both in Russian and foreign researches and about for 30 years for monitoring and assessment of atmosphere and soil sustain in urban areas [66, 80, 81]. Such plants as *Acer pseudoplatanus*, *Lobularia maritima*, *Malva sylvestris*, *Mercurialis annua*, *Senecium vulgaris* and *Solanum nigrum* and poplar types: *Populus Nigra* N., *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus pyramidalis*, *Populus maximowiczii* etc. are used by researchers.

Higher plants have capability to absorb and accumulate pollutants in the surface air. Numerous studies in cities of China, the UK and the US confirm that plants play an important role in reduction of particulate matter concentration (Xiaowu Xu, Zhenming Zhang, Le Bao etc.) [90].

Pollutants come with wet or dry fallout and may be laying on the leaves surface or enter the plant organism through leaves or roots. It is known that plants absorb and bind about 50-60% of toxic gases while atmospheric moisture only – 5-20%, soil – 5-10%, water reservoir and animals – less than 5%.

According to R. Bargalii (2005) there are few requirements for higher plant-as an biomonitor [3]:

- 8 Responsiveness to the pollutant;
- 9 Wide distribution and long vegetation period or capability to well growth in standardized condition in the study area;
- 10 Minimum mobility;
- 11 Long-term life cycle;
- 12 Plant purposed not to absorb substances from the substrate;
- 13 Plant purposed to be capable to accumulate pollutants in concentration reflecting them in the environment;

The plant response to a pollutant depends on several factors: the physiological state of the plant; its sensitivity to certain chemical elements and pollutants; pollutant concentration and the duration of its exposure.

Trace elements arrives and then accumulate in plants in several parts. They proceeded and then assimilated on the leaves surface due to root system absorption. Then trace elements return to soil with fallen leaves and may be accumulated in the humus layer from where it comes to the plant in next vegetation period. Pollutants input to the productive soil layer may also occur with open water, rainfalls and dust falls from the atmosphere. In the last case, pollutants fall on the leaves surface sticking to the adhesive part of the leaf.

This is the way leaves composition may be the result of elements migration from the soil and absorption from the atmospheric air. There are data about it in some researches (Simon et al. 2001, 2014, Censi, F. Cibella, E.E. Falcone), which show the way some metal ions containing in the leaves may come through the root system. The adsorption degree from the atmospheric air depends on cavities size and their distribution density on the leaf surface. There are the most important characteristics, which determine the amount of airborne particles, and heave captured metals [86, 77, 76].

There are cover, main, nutrient, conductive and mechanical types of the leave tissue (Figure 1) [4].

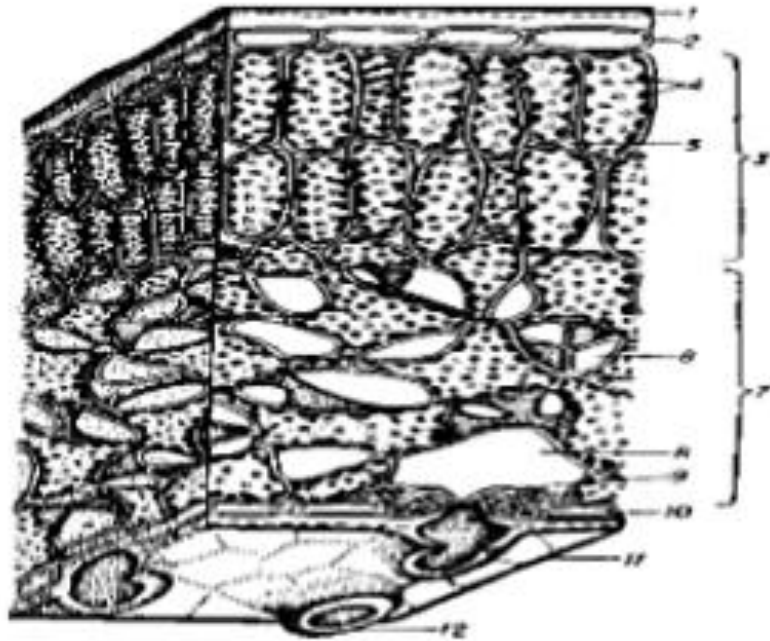


Figure 43 – Leave structure

* 1 – cuticle, 2 – upper epidermis, 3 – palisade tissue, 4 – chlorophyll grains, 5,6 – aeriferous intercellular duct; 7 – cancellous tissue; 8 – large aeriferous intercellular duct or respiratory stomata; 9 – stomata guard cell; 10 – lower epidermis in section, 11 – lower epidermis in plan; 12 – cuticular roll.

In response to the leave structure, the plant is able to extract chemical elements from the atmosphere. The leave is surrounded by a cuticle – a waxy substance. The parenchyma cells containing chlorophyll laying under the cuticle. Cancellous tissue cells lay on the deeper layer with aeriferous intercellular. The conducting beam vessels are located in the parenchyma. Stomata cells are located on a lower part of a land plant leave (Figure 2.) [4].

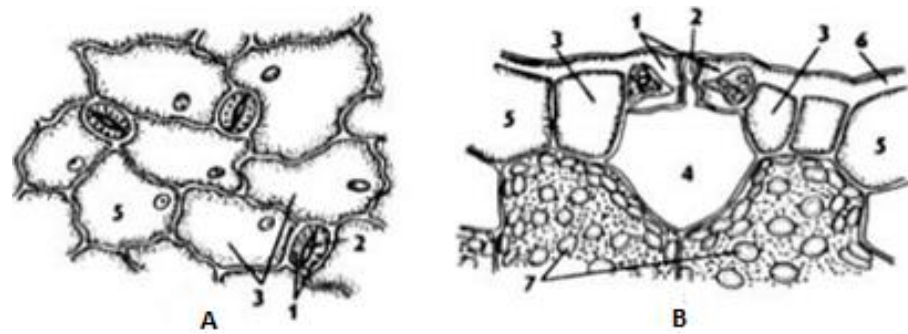


Figure 44 – The scheme of a leaf stomata structure (A – epidermis view from above, B – transverse section of the stomata). 1 – guard cells, 2 – stomata pore, 3 – accessory cells, 4 – respiratory cavity, 5 – epidermis cells, 6 – cuticle, 7 – mesophyll cells, filled with chloroplasts

Stomata cells are responsible for respiration and control transpiration and gas exchange. There are 40-300 to 1 million stomata per 1 mm², substances enter through them and released outwards. Stomata close during nighttime and photosynthesis occurs during daytime in their guard cells.

Dust and aerosols input from the air occurs during the dust falling, when airborne particles sticking to the adhesive part of the leaf. Sorption occurs with use of cuticle layer; epidermis cells and then substances transport to neighbor tissues and accumulate in the cells.

Leaf is overheating due to dust and aerosols pollution. It leads to pollutants transfer inside the leaves. As leaves are direct target organs for atmospheric pollution it is more often to see such symptoms of damage as necrosis, chlorosis, color changing or burns, premature leaf fall and growth suppression.

Unlike other parts of plants leaves are more often used as an object of research because leaves are the most plastic organ of plants [31] and have a high ash-content (5-10% and higher) [34].

It is worth mentioning that a part of pollutants, which settled and fixed in the lamina, is flushing with atmospheric precipitation. There is one Chinese study of leaves of the *Populus tomentosa* Carrière along with some other tree species. The results show that the rate of airborne particles flush depends not only on precipitation amount but also on accumulation period and maximum capacity of the lamina. The

rate of flush depends on growth condition and the plant characteristics. The rate of airborne particles flush increase exponentially with precipitation growth [90].

Poplar leaves are known as an effective bioindicator of atmospheric pollution on urban areas according to a number of reasons:

5. Morphological features of the poplar lamina (rough surface and sticky wax, stomata based on both sides of the leave) forward a wide range of pollutants from atmospheric air;

6. Poplar is widely spread in urban areas of the variable zone for urban greening and buffer zones. It provides biogeochemical surveys with a relatively uniform network with several scales. It makes possible to detect local and regional pollutants of atmospheric air and trans-border elements transfer;

7. Poplar have a big crown, therefore a huge mass of leaves may absorb and filter out a large amount of atmospheric pollutants (Figure 45);

8. Leaves are exposed only during the warm period that allows determining time [117].

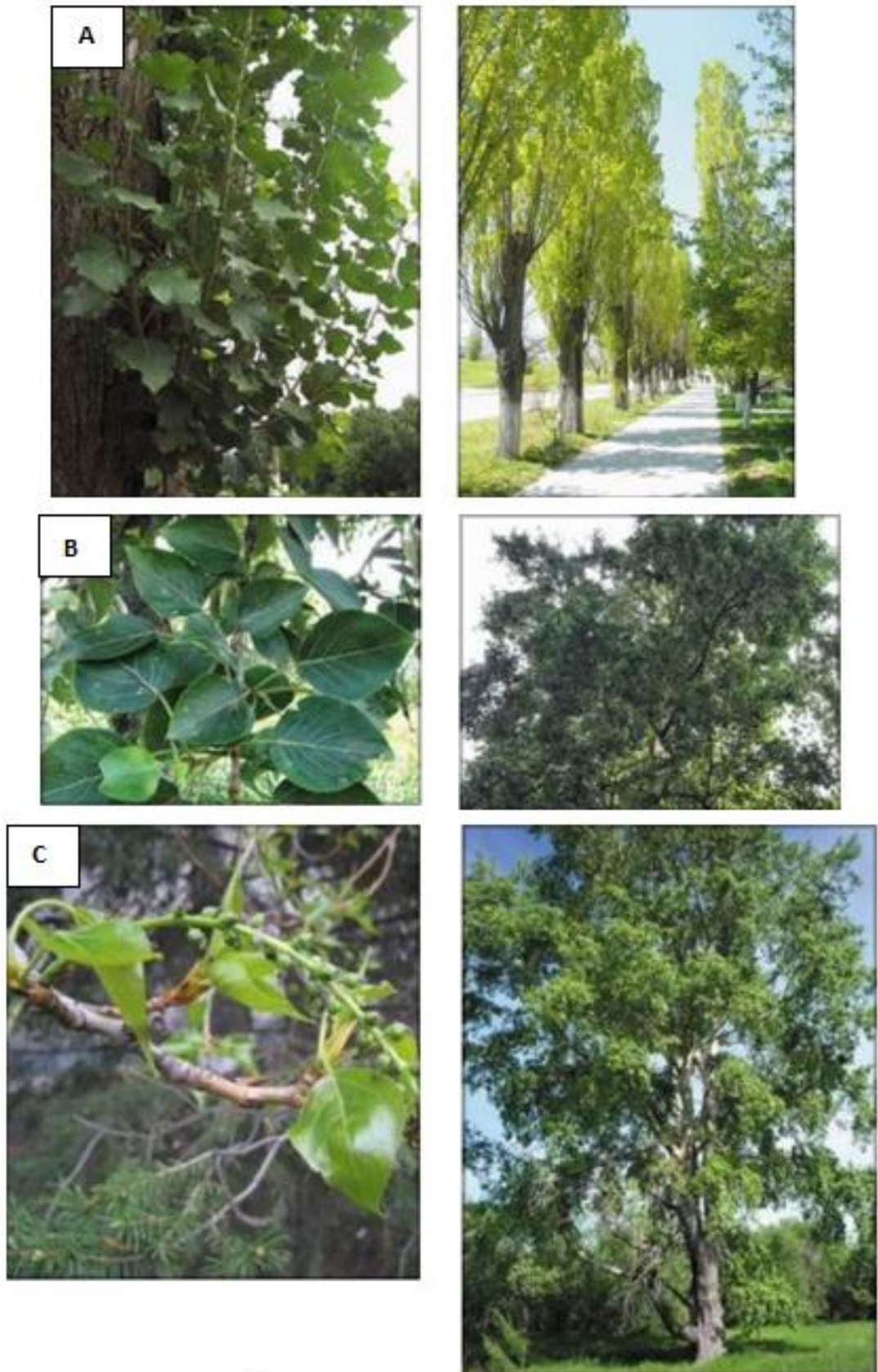


Figure 45 – Some poplar species using for biogeochemical monitoring: A - *Populus pyramidalis*; B - *Populus maximowiczii*; C - *Populus balsamifera*

Currently chemical method prevails as an approach in industrial ecology for toxic pollutants accumulation in plant tissues in anthropogenic impact studying [48].

Chemical analysis is conducted for both unwashed and washed samples. It also conducted for the material washed off from the surface. Usually the first method is used because it allows indicating summary accumulation picture. The analysis of the washed leaves allows assessing pollutants concentration firmly fixed inside the lamina [48].

Poplar leaves are used as biogeochemical indicators in scientific biogeochemical studies of several urban areas with different geochemical and industrial specificity. There are some studies of different multicomponent anthropogenic impact in territories exposed by smelter, fuel and energy, machine-building complex, petroleum chemical and other complexes outputs [74]. The study of the elements distribution specificity in the territory of Ust-Kamenogorsk city (Yalaltdinova A.R et. al., 2017) exposed elements-pollutants, which are typical for this area [72].

The most studies of mercury consider its absorption by leaves from atmospheric air, however, in the case with tailing dumps plants exposed by both atmospheric and soil mercury as well.

The study of M. Assad, J. Parelle, D. Cazaux et. al. asses the input of roots and atmospheric ways of mercury enter to the poplar leaves. The results allow mentioning that mercury enters to the poplar leaves mainly through atmospheric way [83]. Similar conclusions were reached by G. Eriksen et. al. 2003, G. Eriksen et. al. 2004, Laacouri et. al. 2013 [78, 79, 82]. Thus, poplar leaves can be an indicator of atmospheric air mercury pollution regardless of the amount of mercury in soil.

There are studies of Yusupov D.V. et. al. (2018) of mercury accumulation in the poplar leaves in urban areas of Southern Siberia and the Far East of Russia. As a result, anatomic and morphological changes of lamina were revealed. In addition, the mercury zonal distribution over the lamina area specific were determined [70].

Studies of atmospheric pollution by heavy metals are also conducted with poplar leaves. Heavy metals in the nonorganic pollutants can come to the

environment from transport, industry and fossil fuel combustion. Pollutants deposited from the air may be stored on the leaves surface increasing harmful effect on human health.

Esengolova A.G. and Panin M.S. (2012) detected the most informative species of poplar for indication of atmospheric air pollution caused by heavy metals in the city of Temirtau [31]. It was found that the content of heavy metals and ash-content increase in direct proportion to the anthropogenic load they are exposed [58].

There are biogeochemical studies of transboundary pollution sources with use of poplar leaves [51].

Poplar leaves along with other parts of plants (roots, branches, flowers, etc.) can be used as devices for storing information about radioactive pollution in (n, f) – radiography (Figure 46 – *Uranium distribution in the poplar leaves growing at the distance of 20 km from the uranium deposit (A– poplar leave, B - detectors)*)[6].

It is revealed in a number of final qualifying studies of Siberian and Far East cities that geological specific of the territory and its minerageny cause accumulation of elements, which are specific for the territory, including radioactive elements.

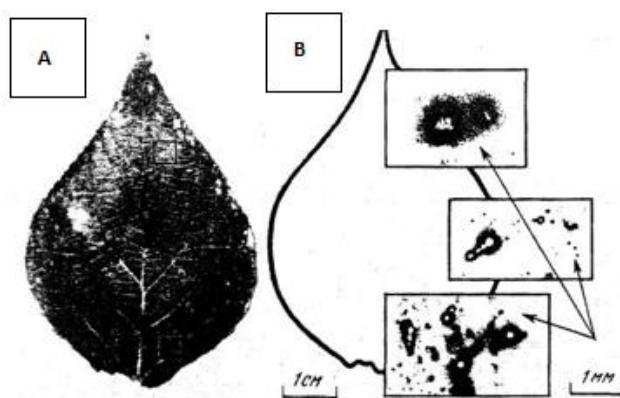


Figure 46 – Uranium distribution in the poplar leaves growing at the distance of 20 km from the uranium deposit (A– poplar leave, B - detectors)

As an example, the features of geological structure of the local parent rocks in the territory of Chita [59], Blagovechensk [20], Irkutsk [52], Vladivostok [55] make increased uranium concentration comparing with background. Increased meanings of radioactive elements also defined in Krasnokamensk, where geological factor

enhanced by anthropogenic – open mining, refining, uranium ore transportation, and refining products store [53]. Anthropogenic anomalies of radioactive thorium revealed in Barnaul [1], Tobolsk [46]. Nature caused anomalies of thorium and anthropogenic anomalies of uranium were revealed in Novosibirsk [61].

Studies showing the leading input of geological factor in relatively high concentrations of Rare Earth Elements (REE) are known in samples in such cities as: Vladivostok, Blagoveshensk, Irkutsk, Krasnokamensk, Ulan-Ude [56,57]. The study researched by 24 of the role assessment of dust pollution in atmospheric air as a result of deflation in Russian urban areas showed the predominance role of the natural factor in concentration of almost the entire REE group in samples. This is probably caused by large amount of mineral dust in the atmosphere, consisting of REE minerals [21].

Biogeochemical monitoring with use of poplar leaves allows tracking emission exposure of the specific heat power plants, industry objects (oil refineries, machine factories etc.). This kind of studies were carried out in Tobolsk [13], Omsk [19], Barnaul [1], Chita [59], Komsomolsk-on-Amur [24].

Mohamad Assad, Fabienne Tatin Froux, Damien Blaudez, 2016 used poplar leaves along with some food crops as test-objects for monitoring of heavy metals migration from soil to vegetation in an anthropogenic environment (titanium ore burial) [85].

The above facts and studies show that poplar leaves can be considered as one of the main objects in biogeochemical studies of air in urban areas in middle altitudes. Biogeochemical monitoring using poplar leaves allows conducting studies of territories with different industrial specialization and geological specificity. It allows defining the input of both anthropogenic and geological factors as well as cross-border transfer of pollutants.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова С.Н. Эколого-геохимическая характеристика территории г. Барнаула по результатам изучения листьев тополя бальзамического: выпуск. квал. работа / Александрова Софья Николаевна. Томск, 2018. – 127 с.
2. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М., 2000. 627 с.
3. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений / Пер. с англ. И.Н. Михайловой. – М: ГЕОС, 2005. – 457 с.
4. Бариева Р.Н. Анализ химического состава листвы и листового опада в комплексе мероприятий по мониторингу атмосферы Нижнекамской промышленной зоны: автореф. дис. к-та хим. – Казань, 2014. – 190 с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения: методическое указание к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей / сост. О.Б. Назаренко. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.
6. Берзина И.Г., Герцен Г.П., Столяров С.В., Токаревский В.В. Выявление радиоактивного загрязнения окружающей среды методом радиографии // Геохимия. – 1993. - №3. – С. 449-456.
7. Бреславский А.С. Незапланированные пригороды: сельско-городская миграция и рост Улан-Удэ в постсоветский период / науч. ред. М.Н. Балдано. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2014. – 192 с.
8. Будаев Р.Ц., Коломиец В.Л. Ветровой морфолитогенез и климатические ритмы Юго-Западного Забайкалья в финале неоплейстоцена и голоцене // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т.17 - № 6. – С. 174 – 179.
9. Бухтияров И.В., Зибарев Е.В., Афанасьев А.С // Оценка риска для здоровья населения как научно-обоснованный подход для принятия управленческих решений на примере авиационного завода // ЗНИСО №4 (301) – 2018 – С. 42 – 45.

10. Вернадский В.И. Труды по биогеохимии и геохимии почв. – М.: Наука, 1992. – 437 с.;
11. Вологжина С.Ж. // Оценка загрязнения воздушного бассейна г. Улан-Удэ // Известия Иркутского государственного университета // 2011 Т4, №1. С.48-59.
12. Глазовская М.А. Учебное пособие. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.
13. Гордиенко И.В., Ланцева В.С., Бадмацыренова Р.А., Елбаев А.Л. Селенгинский рудный район Республики Бурятия: геологическое строение, минерогения, геодинамика, перспективы развития // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка месторождения полезных ископаемых. 2018. Т. 41. №1. С. 9 – 37.
14. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист М 49 – Петровск Забайкальский. Объяснительная записка / Пехтерев С. Н., Нечепавев Е. В., Артамонова Н. А., Вологдин М. А. и др. / Гл. ред. Старченко В. В. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 438 с.
15. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 2 00 000. Серия Селенгинская. Лист М 48 – VI. Объяснительная записка / Составили: В.С.Платов, В.Г.Терещенков, А.А.Савченко и др., ред. В.П.Арсентьев – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2000. – 156 с.
16. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в Республике Бурятия в 2014 году» – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2015 – 639 с.
17. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в Республике Бурятия в 2015 году» – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2016 – 615 с.
18. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в Республике Бурятия в 2017 году» – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017 – 585 с.

19. Губина К. А. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Омска по результатам изучения почв и листьев тополя: выпуск. квал. работа / Губина Ксения Андреевна. Томск, 2017. – 199 с.

20. Дорохова Л.А. Элементный состав листьев тополя как биогеохимический индикатор окружающей среды городов на примере г. Благовещенска (Амурская область): выпуск. квал. работа / Дорохова Любовь Александровна. Томск, 2017. – 141 с.

21. Дорохова Л.А., Юсупов Д.В., Рихванов Л.П. геохимические и минералогические индикаторы ветровой дефляции на урбанизированных территориях с использованием листьев тополя // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. №11. С. 137-146.

22. Есенжолова А.Ж., Панин М.С. Биоиндикационная способность листьев древесных и кустарниковых насаждений для оценки загрязнения среды тяжелыми металлами в зоне действия металлургического комплекса // Экология и промышленность России. – 2013. – № 7. – С. 49-53.

23. Зволинский В. П., Андрианов В. А., Ермаков Л. И., Булаткина Е. Г. Процесс загрязнения общей ртутью кроны деревьев и оценка её сезонного накопления на условно-чистой и урбанизированной территории // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. – 2015. – №3 (39). – С. 26–29.

24. Зубач М.Д. Эколого-геохимическая характеристика г. Комсомольск-на-Амуре по данным элементного состава листьев тополя: выпуск. квал. работа / Зубач Мария Дмитриевна. Томск, 2017. – 81 с.

25. Иванов А.Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. – Улан-Удэ: Бурят. книж. Изд-во, 1966. 232 с.

26. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения экосистем химическими элементами // Биогеохимические и гидроэкологические исследования техногенных систем. Вып. 14. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 7-114.

27. Ивашов П.В., Пан Л.Н. Биогеохимический мониторинг // География и природные ресурсы. 2007. №2. С. 158-162.
28. Изатулина А.Р. Кристаллогенезис и кристаллохимия оксалатов кальция почечных камней человека. Диссертация на соискание научной степени канд. геол.-минерал.наук. / Изатулина А.Р. Санкт-Петербург, 2017 – 197 с.
29. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984.
30. Кавеленова Л.М., Здетовский А.Г., Огневенко А.Я. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары) // Химия растительного сырья. – 2001. – №3. – С. 85 – 90.
31. Каракаева Л. С. О содержании аскорбиновой кислоты и тяжёлых металлов в видах рода *Populus L.* различных зон Оренбуржья // Л. С. Каракаева, Ю. А. Докучаева, А. А. Машкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (41). – С. 226–229.
32. Касимов, Н.С. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, О. И. Сорокина, П. Д. Гунин, С. Н. Бажа, С. Энх-Амгалан // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. – № 4 (49). – С. 14–31.
33. Кирюхина З.А. Исследование эманации радона в геологических разломах района Верхняя Берёзовка (г. Улан-Удэ) // Сборник трудов конференции «Исследования природных феноменов и социально-экономических процессов в азиатской России и Монголии». – 2015. – С. 102 – 106.
34. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений / А. Л. Ковалевский. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ие, 1991. – 294 с.
35. Коломиец В.Л., Тубанов Ц.А., Будаев Р.Ц // Литологические особенности осадочных толщ сейсмоопасных зон территории города Улан-Удэ

// Известия Самарского научного центра Российской академии наук // 2015 Т.17
№6 – 2015 С. 186 – 190.

36. Коновалов П.В. Подземное нефтяное загрязнение в городе Улан-Удэ и его последствия // Сборник трудов 18 Международной Научной школы-конференции студентов и молодых учёных «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий». – 2014. – С. 20 – 21.

37. Корляков И.Д., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Тяжелые металлы и металлоиды в почвенном покрове г. Улан-Удэ // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 3. – С. 120–137.

38. Кучумова Ю.А, Жамбалова Д.И., Боркхова Е.В. // Взаимодействие поверхностных и подземных вод в зоне влияния Улан-Удэнского промышленного узла // Вестник Бурятского университета – 49 – 56.

39. Лебедев С.И. Физиология растений. М., 1998. 544 с.

40. Лыкшитова Л.С., Ловцова Н.М. Морфологическая адаптация деревьев и кустарников к загрязнению атмосферного воздуха г. Улан-Удэ // Вестник Бурятского государственного университета / №4 – 2014 – с 51-54.

41. Манкетова А.А., Иметхенов А.Б. Возникновение риска для здоровья населения г. Улан-Удэ от атмосферных выбросов ТЭЦ-1 // Вестник Бурятского государственного университета № 4(1). 2014. – С. 97 – 101.

42. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. М., 1987. 480 с.

43. Обручев В.А. Сыпучие пески Селенгинской Даурии и необходимость их скорейшего изучения. – Т, Троицкосавского отделения РГО. 1912. Т. 15, вып. 3.

44. О санитарно-эпидемиологической обстановке в г. Улан-Удэ в 2015 году: гос. доклад / Упр. Федер. Службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Респ. Бурятия. – Улан-Удэ, 2016. – 137 с.

45. Павлов И.Н. Формирование техногенных аномалий фтора в наземных экосистемах Сибири: биологическая сорбция, мониторинг, возможности снижения негативного воздействия // Сибирский экологический журнал №3. 2014. – С. 459 – 469.

46. Першин Н.Ю. Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Тобольска по данным изучения листьев тополя: выпуск. квал. работа / Першин Николай Юрьевич. Томск, 2017. – 84 с.

47. Плюснин А.М., Астахов Н.Е., Переязева Е.Г. Радиоэкологическая обстановка г. Улан-Удэ // Материалы X Международной научно-практической конференции «Кожа и мех в XXI: технолония, качество, экология, образование». – 20. – С. 173 – 185.

48. Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. Учебное пособие. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга. Архангельск, 2014. 108 с.

49. Природно-климатические факторы экологической безопасности в контексте социально-экономического развития Байкальского региона / Л. М. Корытный, Л. Б. Башалханова, В. Н. Веселова, А. В. Бальжинов, Е. В. Михеева, И. А. Башалханов // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 25. С. 88–106.

50. Рипп Г.С., Прокопьев И.Р., Избродин И.А., Ласточкин Е.И., Рампилов М.О., Дорошкевич А.Г., Редина А.А, Посохов В.Ф., Савченко А.А., Хромова Е.А. Бастнезит-флюоритовые породы улан-удэнского проявления (минеральный состав, геохимические особенности, проблемы генезиса) // Геология и геофизика. - 2019. - Т.60. - № 12. - С.1754-1774.

51. Робертус Ю.В., Удачин В.Н., Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Кивацкая А.В. Любимов Р.В. Индикация компонентами природной среды трансграничного переноса загрязняющих веществ на территории горного Алтая. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 9. – С. 39–48.

52. Сербаяева К.Н. Эколого-геохимический анализ территории города Иркутска по данным изучения листьев тополя: выпуск. квал. работа / Сербаяева Кристина Николаевна. Томск, 2019. – 107 с.

53. Силенко Ю.Е. Отражение факторов окружающей среды в элементном составе листьев тополя в зоне влияния Приаргунского горно-химического комбината: выпуск. квал. работа / Силенко Юрий Евгеньевич. Томск, 2017. – 112 с.

54. Скорик О.В., Ю.М. Ханхунов // Рассеивание в атмосфере загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями теплоэнергетики // Известия Иркутского государственного университета // 2013, №1. С.16-29.

55. Тайкина И. А. Эколого-геохимическая оценка территории города Владивосток по данным изучения листьев тополя (Приморский край): выпуск. квал. работа / Тайкина Инна Андреевна Томск, 2017. – 89 с.

56. Тайкина И.А. Биогеохимическая специализация листьев тополя в г. Улан-Удэ // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых XXIV. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020 – Т. 1. – С. 632-633.

57. Тайкина И.А. Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Улан-Удэ по данным изучения листьев тополя // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых [приняты к публикации].

58. Ташекова А.Ж., Торопов А. С. Использование листьев растений как биогеохимических индикаторов состояния городской среды / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 5. С. 114-124.

59. Ткачева А.В. Эколого-геохимическая характеристика территории г. Чита по данным анализа элементного состава листьев тополя: выпуск. квал. работа / Ткачева Анастасия Владимировна. Томск, 2017. – 93 с.

60. Тумуреева Н.Н., Санжиева С.Е. // Оценка влияния выбросов автотранспорта на качества атмосферного воздуха и здоровья населения г.

Улан-Удэ // Вестник Бурятского государственного университета №4 – 2015 – С. 237 – 242.

61. Турсуналиева Е.М. Эколого-геохимическая оценка состояния территории г. Новосибирска по данным изучения листьев тополя: выпуск. квал. работа / Турсуналиева Елена Муратовна. Томск, 2017. – 135 с.

62. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

63. Цыганков А.А. Позднепалеозойские гранитоиды Западного Забайкалья: последовательность формирования, источники магм, геодинамика // Геология и геофизика. – 2014. – № 3 – С. 29-30.

64. Черных В.Н. Геоэкологические последствия селитебного освоения эоловых ландшафтов (на примере окрестностей города Улн-Удэ). // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. – 2014. – С. 158 – 159.

65. Чудинова О.Н. Влияние техногенного загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения г. Улан-Удэ. Диссертация на соискание учёной степени канд. биол. н. / Чудинова О.Н. Улан-Удэ, 2008 – 197 с.

66. Шаймарданова, Б. Х. Биоиндикация урбоэкосистемы г. Павлодара по содержанию химических элементов в золе листьев тополя черного *Populus nigra* L. / Б. Х. Шаймарданова, Г. Е. Асылбекова, Н. В. Барановская и др. // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 338. – С. 212-216.

67. Шоу, Дени М. Геохимия микроэлементов кристаллических пород / Перевод с фр. В. А. Галибина; Под ред. Ю. К. Буркова. – Ленинград: Недра. Ленингр. отд-ние, 1969. – 207 с.

68. Юсупов Д. В. Рихванов Л. П., Барановская Н. В., Ялалтдинова А. Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя

урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. 2016. Т. 327. №6. – С. 25–36.

69. Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 6. – С. 25–36.

70. Юсупов Д.В., Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Любимов Р.В., Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М. Распределение ртути в компонентах окружающей среды горнорудных районов Республики Алтай // Оптика атмосферы и океана. – 2017. – № 8 – С.73-78.

71. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг: учеб. пособие для вузов. – Томск: Изд-во: НИ ТПУ, 2003. – 336 с.

72. Ялалтдинова А.Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска: дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Ялалтдинова Альбина Рашидовна. Томск, ТрУа, 2015. – С. 172. А.А. Сауков., 1946.

73. Baslar S. Et al. Trace element biomonitoring by leaves of *Populus nigra* L. from Western Anatolia, Turkey // Journal of Environmental Biology. 2005. Vol. 26 (4). P.665-668.

74. Berlizov A.N., Blumb O.B., Filbyc R.H., Malyuka I.A., Tryshyna V.V. Testing applicability of black poplar (*Populus nigra* L.) bark to heavy metal air pollution monitoring in urban and industrial regions // Science of The Total Environment. – 2007. – Pp. 693–706.

75. DIFFRACplus. v15.0: EVA, User's manual. Bruker AXS. – Karlsruhe, Germany, 2009.

76. E. Simon, E. Baranyai, M. Braun, C. Cserhati, I. Fabian, B. Tothmeresz. Elemental concentrations in deposited dust on leaves along an urbanization gradient // Science of The Total Environment. 2014. Vol. 490. P. 514 – 520.

77. Edina Simon, Mihály Braun, Andreas Vidic, Dávid Bogyó, István Fábíán, Béla Tóthmérész. Air pollution assessment based on elemental concentration of

leaves tissue and foliage dust along an urbanization gradient in Vienna // Environmental Pollution. 2011. Vol. 159 (5). P. 1229 – 1233.

78. Ericksen, J.A., Gustin, M.S., 2004. Foliar exchange of mercury as a function of soil and air mercury concentrations // Science Total Environmental. Vol. 324. P. 271 – 279.

79. Ericksen, J.A., Gustin, M.S., Schorran, D.E., Johnson, D.W., Lindberg, S.E., Coleman, J.S. Accumulation of atmospheric mercury in forest foliage. Atmos. Environ. 2003. Environ. 37.

80. F. Kardel, K. Wuyts, M. Babanezhad, U.W.A. Vithrana, T. Wuytack, G. Potters, R. Samson. Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago Lanceolata L* // Environmental Pollution. 2010. Vol. 158. P. 788 – 794.

81. L. De Temmerman, M. Hoening. Vegetable crops for biomonitoring lead and cadmium deposition // Journal of Atmospheric Chemistry. 2004. Vol. 49. P. 121 – 135.

82. Laacouri, A., Nater, E.A., Kolka, R.K., 2013. Distribution and uptake dynamics of mercury in leaves of common deciduous tree species in Minnesota, U.S.A. Environ. Sci. Technol. 47.

83. M. Assad, J. Parelle, D. Cazaux, F. Gimbert, M. Chalot, F. Tatin-Froux. Mercury uptake into poplar leaves // Chemosphere. 2016. Vol. 146. P. 1 – 7.

84. Markert B. Instrumental analysis of plants. In: Markert B. Plants as biomonitors. indicators for heavy metals in terrestrial environment // Weinheim: VCH. – 1993. – Pp 65–103.

85. Mohamad Assad, Fabienne Tatin-Froux, Damien Blaudez, Michel Chalot, Julien Parelle. Accumulation of trace elements in edible crops and poplar grown on a titanium ore landfill // Environmental Science and Pollution Research. 2016. Vol. 24 (5). P. 1 – 13.

86. P. Censi, F. Cibella, E.E. Falcone, G. Cuttitta, F. Saiano, C. Inguaggiato, V. Latteo. Rare earths and trace elements contents in leaves: A new indicator of the composition of atmospheric dust // Chemosphere. 2017. Vol. 169. P. 342 – 350.

87. TOPAS. v3, General profile and structure analysis software for powder diffraction data. User's manual: Bruker AXS Microanalysis GmbH. – Berlin, Germany, 2010.

88. Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen L.K., Vassileva C.G., 2013a. An overview of the composition and application of biomass ash. Part I. Phase–mineral and chemical composition and classification. Fuel. 105, 40–76.

89. Vassilev, S.V., Baxter, D., Vassileva C.G., 2013b. An overview of the behaviour of biomass during combustion: Part I. Phase-mineral transformations of organic and inorganic matter. Fuel. 112, 391–449.

90. Xiaowu Xu, Zhenming Zhang, Le Bao, Li Mo, Xinxiao Yu, Dengxing Fan, Xiaoxiu Lun // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 609. P. 11-16.

Методическая и нормативная литература

91. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты / М.: ИПК Издательство стандартов, 2019. – 16 с.

92. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля/ М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

93. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования / М.: ИПК Издательство стандартов 2001. – 8 с.

94. ГОСТ 26929-94. Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов/ М.: ИПК Издательство стандартов 1996. – 122 с.

95. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования / М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. – 6 с.

96. Методика М-04-46-2007. Прямое определение содержания ртути в пищевых продуктах, продовольственном сыре, кормах, комбикормах и сырье для их производства. – Санкт-Петербург.: ЛЮМЕКС, 2007. – 2 с.

97. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеоиздат, 1981. – 108 с.;

98. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы / М: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 24 с.;

99. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. — Введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов, 2003. – 14 с.

100. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Минздрав России, 2001. – 20 с.

101. СНиП 21-01-97. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Пожарная безопасность зданий и сооружений, 1998. 14 с.

102. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995. – 120 с.

103. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ, 2001.

104. Федеральный закон от 10.07.2012 N 117-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», 2008.

105. Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», 2013.

Интернет-ресурсы

106. Анализатор ртути «РА-915М» с пиролитической приставкой «ПИРО915+» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lumex.ru/catalog/ra-915m-piro-915.php>. (дата обращения 02.05.2019);

107. Воинская часть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://voinskayachast.net/suhoputnie-voyska/raketnie-i-artilleriya/vch59313-71> (дата обращения 31.05.2021);

108. Карта геологического строения бассейна оз. Байкал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bic.iwlearn.org/ru/atlas/atlas/06-geologicheskoe-stroenie-map> (дата обращения 15.01.2020).

109. Карта растительности России [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://baikalfund.ru/library/maps/index.wbp?doc_id=ac65e4d9-bc4e-4f0f-8f79-9992783723b5 (дата обращения 15.01.2020).

110. Климат Улан-Удэ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.egov-buryatia.ru/index.php?id=323> (дата обращения 15.01.2020).

111. Климат Улан-Удэ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hmn.ru/index.php?index=76&value=30823> (дата обращения 15.01.2020).

112. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rp5.ru> (дата обращения 15.01.2020).

113. Растровая электронная микроскопия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mipt.ru/upload/medialibrary/a90/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F%20%D0%B8%20%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%20;%20%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%203%20SEM.pdf> (дата обращения 24.12.2020).

114. Рентгенофазовый анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nsp.phys.spbu.ru/> (дата обращения 6.12.2020).

115. Сканирующий электронный микроскоп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tescan.ru/primenenie/akademiya-teskan/korotko-o-sem/> (дата обращения 6.12.2020).

116. Справка о состоянии подземных вод. Краткая информация о состоянии подземных вод в районе г. Улан-Удэ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geomonitoring.ru/download/spravki/df0/%D0%A0%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D0%91%D1%83%D1%80%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%8F.pdf> (дата обращения 15.05.2021).

117. Тополь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C> (дата обращения 15.01.2020).

118. Улан-Удэ – столица дыма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arigus.tv/news/item/136775/> (дата обращения 31.05.2021).