

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Эколого-геохимический анализ территории г. Хабаровск по данным изучения листьев тополя (Хабаровский край)

УДК 581.45:582.681.82:504:550.4(571.62)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Ткачева Анастасия Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юсупов Д.В.	к.г.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Рыжакина Т.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Скачкова Л.А.	к.э.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н, профессор		

Томск – 2020 г.

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

Запланированные результаты обучения по программе
05.04.06 «Экология и природопользование»

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие базовые и специальные, естественно-научные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 4, 6, 10; ОПК-1, 2, 3, 6, 8; ОК-1, 2,3), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3., 5.2.5, 5.2.9)
P2	Разрабатывать природоохранные мероприятия, практические рекомендации по охране природы и обеспечению устойчивого развития, проводить оценку воздействия планируемых сооружений на окружающую среду, диагностировать проблемы охраны природы.	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 5, 6, 9; ОПК- 2, 6, 7, ОК- 1, 3) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4, 5.2.7-5.2.8)
P3	Организовывать и проводить экологическую экспертизу различных видов проектного задания, осуществлять экологический аудит любого объекта, владеть основами проектирования	Требования ФГОС (ПК- 3, 4, 5, 7, 8, 9; ОПК- 6, 7, ОК-1, 2) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.6, 5.2.10, 5.2.14.- 5.2.15)
P4	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ПК- 9, 10; ОПК-3, 5, 7, 9, ОК-1, 2, 3) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.16)
P5	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды	Требования ФГОС (ПК – 4, ОПК-4, ОК-3) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12-5.2.16)
P6	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1, 6, 10, ОПК-2, 3, 4, 5, 8, ОК-1, 2, 3) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16)

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

Инженерная школа природных ресурсов
 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Уровень образования: магистратура
 Отделение геологии
 Период выполнения: весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2020	<i>Глава 1 Литературный обзор по теме диссертации</i>	10
30.03.2020	<i>Глава 2 Физико-экономико-географическая характеристика территории исследования</i>	10
30.03.2020	<i>Глава 3 Геоэкологическая характеристика и изученность</i>	10
20.04.2020	<i>Глава 4 Методы исследований</i>	10
18.05.2020	<i>Глава 5 Содержание химических элементов в листьях тополя бальзамического на территории г. Хабаровска</i>	30
31.05.2020	<i>Глава 6 Социальная ответственность</i>	15
31.05.2020	<i>Глава 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юсупов Д.В.	к.г.-м.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Барановская Н. В.	д.б.н., профессор		

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Барановская Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Ткачева Анастасия Владимировна

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.02.2020, № 58-46/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Публикации, фондовые источники, интернет ресурсы, самостоятельно собранный материал
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Листья тополя как биогеохимический индикатор техногенеза (литературный обзор); 2. Физико-географические условия и функциональная структура г. Хабаровска; 3. Геоэкологическая характеристика и изученность территории г. Хабаровска; 4. Методы исследований; 5. Содержание химических элементов в листьях тополя бальзамического на территории г. Хабаровска; 6. Эколого-геохимическое зонирование территории г. Хабаровска по данным изучения листьев тополя

	7. Социальная ответственность; 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Карта-схема опробования, карты пространственного распределения элементов в золе листьев тополя на территории г. Хабаровск
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке	Миронова Вероника Евгеньевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Foliage as an assessment method of geo-ecological state of the environment in urbanized territories	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.01.2020
---	------------

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Ткачева Анастасия Владимировна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Ткачева Анастасии Владимировне

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Эколого-геохимический анализ территории г. Хабаровск 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	31.01.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Ткачева Анастасия Владимировна		31.01.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Ткачевой Анастасии Владимировне

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Тема ВКР:

«Эколого-геохимический анализ территории г. Хабаровск по данным изучения листьев тополя»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются данные о содержании химических элементов и минеральном составе проб листьев тополя, отобранных на территории г. Хабаровск. Полученные данные могут быть использованы для создания программы работ в Хабаровском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также для прогнозирования экологической обстановки городской среды на локальном и региональном уровнях.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019); СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.1/2.1.1.127803, СНиП 23-05-95, ГОСТ 12.1.003-83, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, ГОСТ 12.1.045– 84, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.4.12483, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.4.00983, НПБ 105-03
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата, недостаточное освещение рабочей зоны, повышенный уровень шума, ЭМП. Опасные факторы: электрический ток, пожарная опасность.
3. Экологическая безопасность:	Отходы V класса опасности (мусор от уборки помещений и бумага)
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможной и наиболее типичной ЧС является пожар на рабочем месте.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Ткачева Анастасия Владимировна		31.01.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа объемом 140 страницы машинописного текста, состоит из введения, 8 глав и заключения; работа проиллюстрирована 32 таблицами и 36 рисунками. Список литературы насчитывает 82 источников.

Ключевые слова: эколого-геохимическая характеристика, содержание химических элементов, листья тополя бальзамического, город Хабаровск.

Объект исследования – листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающего на территории г. Хабаровск.

Предмет исследования – элементный и минеральный состав листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на территории г. Хабаровск.

Цель работы – на основе определения особенностей элементного и минерального состава листьев тополя бальзамического, выявить факторы воздействия на окружающую городскую среду, составить эколого-геохимическую характеристику территории г. Хабаровск.

На территории г. Хабаровск были отобраны 38 проб листьев тополя бальзамического; применялись инструментальный нейтронно-активационный, атомно-абсорбционный анализы, проводились электронно-микроскопические исследования; выполнен статистический анализ данных содержания элементного состава; анализировалось пространственное распределение содержаний химических элементов на территории города; определялась биогеохимическая оценка исследуемой территории; выявлены факторы накопления химических элементов в листьях тополя.

Данные лабораторных исследований обработаны с использованием программ Microsoft Excel, Stastistica, Surfer и Corel Draw.

Область применения: полученные результаты могут быть использованы при проведении биогеохимического мониторинга состояния окружающей среды и разработки природоохранных мероприятий, а также планировании и застройки функциональных зон г. Хабаровска.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ГОСТ – межгосударственный стандарт;
- ГСО – государственный стандартный образец;
- ДФО – Дальневосточный федеральный округ;
- ЗШО – золошлаковые отходы;
- ИЗА – индекс загрязнённости атмосферы;
- ИНАА – Инструментальный нейтронно-активационный анализ;
- ИСР – иерархическая структура работ;
- ИШПР – Инженерная школа природных ресурсов;
- НИР – научно-исследовательская работа;
- НПБ – нормы пожарной безопасности;
- ОГ – отделение геологии;
- ОДК – ориентировочно допустимое количество;
- ПДК – предельно-допустимая концентрация;
- ПК – персональный компьютер;
- ПО – предел обнаружения;
- РЗЭ – редкоземельные элементы;
- РЭМ – растровый электронный микроскоп;
- СанПин – санитарные правила и нормы;
- СЭМ – сканирующий электронный микроскоп;
- ТЭЦ – теплоэлектростанция;
- ФЗ – федеральный закон;
- ХПК – химическое потребление кислорода;
- ЧС – чрезвычайная ситуация;
- ЭВМ – электронно-вычислительная машина;
- ЭМП – электромагнитное поле.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 ЛИСТЬЯ ТОПОЛЯ КАК БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ТЕХНОГЕНЕЗА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР).....	16
2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА Г. ХАБАРОВСКА	24
2.1 Физико-географическая характеристика территории	24
2.1.1 Географическое положение	24
2.1.2 Геологическое строение	24
2.1.3 Рельеф	26
2.1.4 Климат.....	27
2.1.5 Поверхностные и подземные воды	28
2.1.6 Почвенный покров.....	31
2.1.7 Растительный покров.....	31
2.2 Административно-территориальное деление и функциональная структура города	32
2.3 Промышленная инфраструктура и крупные предприятия г. Хабаровска..	33
3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ Г. ХАБАРОВСКА.....	37
3.1 Состояние атмосферного воздуха	37
3.2 Состояние поверхностных и подземных вод.....	39
3.3 Состояние почвенно-растительного покрова.....	42
3.4 Влияние золошлаковых отвалов на окружающую среду	44
3.5 Экологически обусловленная заболеваемость населения	46
4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	47
4.1 Отбор и подготовка проб листьев тополя	47
4.2 Аналитическое обеспечение исследований	50
4.2.1 Инструментальный нейтронно-активационный анализ	50
4.2.2 Атомно-абсорбционный анализ ртути.....	53

4.2.3 Электронно-микроскопические исследования	53
4.2.4 Рентгеноспектральный микроанализ	55
4.3 Методика обработки аналитической информации	55
4.3.1 Статистические методы обработки данных	55
4.3.2 Методика эколого-геохимической оценки территории	56
5 СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. ХАБАРОВСКА	58
5.1 Общая биогеохимическая характеристика территории	58
5.2 Биогеохимические ореолы ртути	73
6 ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ Г. ХАБАРОВСКА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ	75
6.1 Расчет аддитивных показателей	75
6.2 Расчет коэффициента биогеохимической трансформации	77
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	80
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	113
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	114
Приложение А	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В настоящее время существует необходимость в комплексной оценке состояния компонентов окружающей среды, в следствие современного процесса урбанизации и ряда сопутствующих экологических проблем. С каждым годом растет количество источников загрязнения окружающей среды. В связи с этим, на урбанизированных территориях, следует уделять особое внимание методам контроля состояния компонентов природной среды. Биоиндикация т.е учет содержания загрязнителей в живых организмах и ответной реакции на определенные загрязнители, занимает важное место среди таких методов [42]. Известно, что очень информативным показателем состояния компонентов окружающей среды являются листья растений. Преимуществами растительности как биоиндикаторов состояния компонентов окружающей среды состоит в их способности накапливать редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы.

Исследуемая территория г. Хабаровска характеризуется высокой степенью техногенной нагрузки, уже много лет уровень загрязнения атмосферного воздуха определяется как высокий. Рассредоточенность промышленных предприятий и объектов энергетики в сочетании с неблагоприятными климатическими условиями (высокая повторяемость: штилей, ветров со скоростью 0-1 м/с, застоев воздуха, приземных и приподнятых инверсий температуры) создают особые условия для рассеивания загрязняющих веществ. Загрязнение атмосферного воздуха оказывает отрицательное воздействие на здоровье населения. Поэтому так важно уделять особое внимание проблеме загрязнения окружающей среды.

Цель работы – на основе определения особенностей элементного и минерального состава листьев тополя бальзамического, выявить факторы воздействия на окружающую городскую среду, составить эколого-геохимическую характеристику территории г. Хабаровск.

Задачи:

- провести поиск и изучение научной и методической литературы на данную тематику;
- подготовить пробы для лабораторных исследований;
- определить химический состав золы листьев тополя инструментальным нейтронно-активационным анализом;
- оценить содержание ртути в сухой массе листвы тополя методом атомной абсорбции;
- провести электронно-микроскопические исследования;
- провести статистическую обработку полученных данных;
- изучить пространственное распределение полученных химических элементов по территории города;
- сделать выводы и установить возможные источники загрязнения.

Объект исследования – листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающего на территории г. Хабаровск.

Предмет исследования – элементный и минеральный состав листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на территории г. Хабаровск.

Научная новизна работы:

- впервые получены данные по элементному составу золы листьев тополя бальзамического согласно данным ИНАА по г. Хабаровску;
- построены геохимические карта-схемы распределения химических элементов в листьях тополя, отражающие современное состояние загрязнения компонентов окружающей среды;
- рассчитан аддитивный показатель, отражающий интегральную оценку содержания химических элементов в листьях тополя;
- рассчитан коэффициент биогеохимической трансформации растений.

Практическая значимость работы: полученные результаты могут быть использованы при проведении биогеохимического мониторинга состояния окружающей среды и разработки природоохранных мероприятий, а также планировании и застройки функциональных зон г. Хабаровска.

Фактические материалы и методы исследования. Материалы для работы были получены в первой половине августа 2015 г. Всего отобрано, обработано и проанализировано 38 проб 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 определения элементов инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ (аналитики Богутская Л.В. и Судыко А.Ф.). Анализ содержания ртути в образцах сухой массы листьев тополя и электронно-микроскопические исследования выполняли в международном научно-образовательном центре «Урановая геология» ТПУ.

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 тезисы диссертации докладывались на XXIII и XXIV Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (г. Томск, 2019, 2020) и на XVII Всероссийская молодежная геологическая конференция памяти В. А. Глебовицкого (г. Санкт-Петербург, 2020).

Объем и структура диссертации: работа состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы, содержит 32 таблицы, 36 рисунков, приложение. Объем рукописи – 140 страниц машинописного текста.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, кандидату геолого-минералогических наук, Дмитрию Валерьевичу Юсупову за внимание, ценные советы, рекомендации и практическую помощь на всех этапах подготовки работы.

Автор признателен исполнителям аналитических исследований: Судыко Александру Федоровичу, Богутской Ларисе Васильевне, Турсуналиевой Елене Муратовне.

За помощь в освоении и проведении электронно-микроскопических исследований автор благодарит аспирантку Дорохову Любовь Александровну.

1 ЛИСТЬЯ ТОПОЛЯ КАК БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ТЕХНОГЕНЕЗА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Основателем биогеохимии является В.И. Вернадский, который определил биогеохимические процессы как процессы элементного массобмена, объективно отражающим геохимическую активность организмов [7]. В настоящее время биогеохимия является быстро развивающейся наукой и обладает рядом новых теоретических и прикладных направлений.

Основные приемы биогеохимического метода могут быть успешно использованы как в поисковой, так и в техногенной биогеохимии, в биогеохимическом мониторинге окружающей среды путем отбора проб биообъектов (тест-индикаторов) высших сосудистых растений, водных растений, мхов, лишайников, перифитона, гидробионтов и др. [22].

За последние 40-50 лет высшие растения очень часто используются для мониторинга различных типов загрязнения, из них, в свою очередь, около 30 лет используют для мониторинга и оценки состояния атмосферного воздуха и почвы на урбанизированных территориях [51]. Также древесная растительность нашла широкое применение на таких территориях и для оценки накопления специфических химических элементов под влиянием техногенеза и промышленных предприятий [31].

Известно, что из воздуха 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), есть несколько ключевых требований к растениям-биомониторам:

1. Чувствительность к данному 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. Не должны поглощать вещества из субстрата;
6. Способность аккумулировать поллютанты в концентрациях, отражающих таковые в окружающей среде.

Загрязняющие вещества, поступающие путем мокрого или сухого выпадения, либо остаются на поверхности листьев и других частей растения, либо попадают в организм через листья и/или корни. Последний способ вызывает наиболее сильные симптомы токсичности.

Реакция растений на загрязняющее вещество зависит от ряда факторов: физиологического состояния растения, чувствительности к определенным элементам, типа загрязнителя, концентрации, продолжительности воздействия. По основном биоиндикаторы одновременно реагируют на все факторы окружающей среды.

Поэтому используя индикаторные растения, можно различать степень загрязнения, определять источники загрязнения и зоны их воздействия, выявлять загрязняющие вещества и составлять карты ореолов распределения элементов в воздушном бассейне [55].

Деревья широко распространены во многих странах как основной тип озеленения в городских районах, что позволяет охватить большие площади для отбора проб. Кроме того, свойства листьев (наличие воска и трихом, шероховатость поверхности, пассивная диффузия загрязняющих веществ через устьица, поглощение и накопление через кутикулу и др.) способствуют накоплению довольно широкого ряда вредных веществ. Также важно, что поверхность листа значительно больше, чем его прямая проекция кроны на поверхность Земли, что свидетельствует об эффективной фильтрации большого количества атмосферных загрязнителей [56].

В отличие от вечнозеленых хвойных растений, листья сезонных лиственных пород подвергаются воздействию загрязняющих веществ только в течение вегетационного периода, что является преимуществом, поскольку позволяет определить период времени, в течение которого загрязняющие

вещества были накоплены. Загрязнение поверхности листьев изменяется за вегетационный период (привнос частиц техногенной и почвенной пыли, сопровождающийся выносом частиц с осадками и сильными ветрами), однако предполагается, что количественный характер загрязнения сохраняет свою зональную изменчивость, отражая особенности рельефа, сезонную розу ветров и расположение источников загрязнения.

Известно, что с помощью листового аппарата, растения способны извлекать химические элементы из атмосферы. В пластинке листа можно различить 4 группы тканей: покровную, основную питательную; проводящую; механическую, придающую листу жесткость, определяющую положение листа в пространстве (рисунок 1) [6].

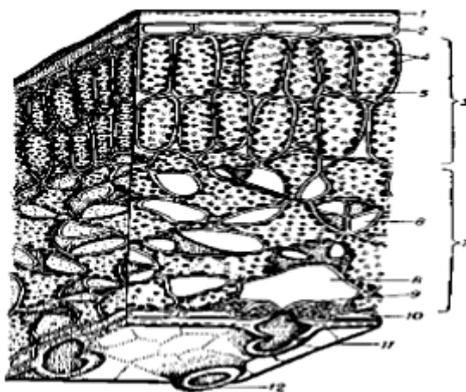


Рисунок 1 – Строение листа: 1 – кутикула, 2 – верхний эпидермис, 3 – палисадная ткань, 4 – хлорофилловые зерна, 5,6 – воздухоносные межклетники, 7 – губчатая ткань, 8 – крупный воздухоносный межклетник, или т.н. дыхательная полость устьица, 9 – замыкающая клетка устьица, 10 – нижний эпидермис в разрезе,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

Лист окружен, кутикулой – воскоподобным веществом, под которой расположены 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).

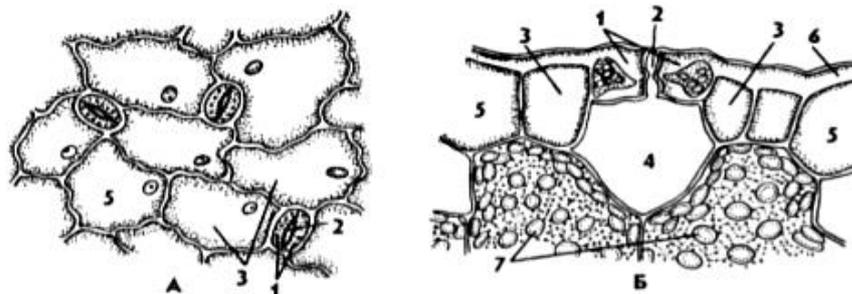


Рисунок 2 – Схема строения устьица листа растений (А – вид на эпидерму сверху, Б – поперечный разрез устьичного аппарата). 1 – замыкающие клетки, 2 – устьичная щель, 3 – побочные клетки, 4 – дыхательная полость, 5 – эпидермальные клетки, 6 – кутикула, 7 – клетки мезофилла, заполненные хлоропластами

Они отвечают за дыхание и контролируют процессы транспирации, газообмена. На 1 мм² поверхности листа находится 40-300, а иногда до 1 млн устьиц. Поступление и выделение веществ в лист происходит через устьица. Устьица закрыты в темное время суток. При освещении листа, идет процесс фотосинтеза, в замыкающих клетках устьиц.

Поступление загрязняющих веществ из воздуха в листья можно разделить на три фазы:

1. Сорбция с помощью кутикулярного слоя и клеток эпидермиса.
2. Поступление через устьичные щели внутрь листовой пластинки, с последующим растворением в водной среде.
3. Транспорт от мест поступления к соседним тканям и дальнейшее накопление в клетках.

Пыль и аэрозоли загрязняют поверхность листа, что в будущем приводит к перегреву листьев обеспечивая переход загрязняющих веществ внутрь листьев

и наземные пищевые цепи. Листья более чувствительны к загрязнению, так как являются прямыми органами-мишенями для атмосферных загрязнителей и именно на них наиболее часто наблюдаются симптомы поражения [5].

Тополь (*Populus spp.*) является одним из древесных видов растений, который сумел зарекомендовать себя как эффективный биоиндикатор.

Тополь широко используется в умеренном поясе для озеленения городов и создания санитарно-защитных полос. Связано это со множеством особенных свойствах тополей, таких как обширный ареал произрастания, мощная крона, быстрый рост, легкость вегетативного размножения [53]. При этом тополи успешно выполняют защитные и санитарно-гигиенические функции так как обладают высокой пыле-, дымо-, газоустойчивость. Огромная масса их листьев поглощает значительное количество токсичных компонентов из воздуха, частично очищая его от вредных примесей [4].

Тополя способны с высокой чувствительностью определять биодоступность элементов в почвах, благодаря их широко распространенной корневой системы, высокому уровню потребления воды и значительному показателю абсорбционной способности микроэлементов [23], а за счет структурных особенностей листа (шероховатости поверхности, наличия клейкого воска, расположения устьиц с обеих сторонам листовой пластинки) улавливают пылеаэрозоли из атмосферного воздуха. Кроме того, листья отражают кратковременное накопление загрязняющих веществ (4-5 месяцев) [53].

Оценка накопления токсичных поллютантов в тканях растений, традиционно осуществляется с применением химических методов, позволяющих изучить техногенное воздействие на растения [31]. Этот подход до настоящего времени главенствует в промышленной экологии и является единственным официально принятым.

Выделяют 3 способа изучения растительных образцов: химический анализ неотмытого и отмытого листового материала, а также смывов с его поверхности, чаще всего содержание загрязняющих веществ определяется в

неотмытых листьях растений, это характеризует суммарную картину аккумуляции, а анализ отмытых листьев оценивает содержание загрязняющих веществ, прочно фиксируемых внутри листовой пластинке.

Изучение микрокомпонентов загрязнения атмосферного воздуха с использованием листьев тополя позволяет выявлять локальные и региональные источники загрязнения воздуха, включая трансграничный перенос элементов на значительные расстояния. Листья тополя являются очень удобным объектом для исследований и проведения биогеохимической съемки на городских территориях. Он позволяет проводить пробоотбор по относительно равномерной сети в различных масштабах съемки.

Впервые биомониторинг атмосферного воздуха промышленных районов с использованием листьев тополя черного был предложен в 1995 г. Джингова Р. [53]. Исследования были проведены в районах загрязнения вокруг металлургических комплексов.

Исследования Ялалтдиновой А. и др. (2017) показали, что листья черного тополя можно использовать как эффективный биоиндикатор в городах с разнообразным и многокомпонентным техногенным воздействием. Анализ листьев тополя позволил выявить особенности пространственного распределения элементов, выявить элементы-загрязнители, характерные для города Усть-Каменогорск.

В исследованиях Юсупова Д.В. и др. (2018) было изучено сезонное накопление ртути в листьях тополя на урбанизированных территориях юга Сибири и Дальнего Востока, определены изменения в анатомическом и морфологическом строении листьев тополя, а также установили зональный характер распределения металла по площади листовой пластины [19]. В других исследованиях был проведен анализ радиогеохимических показателей в листьях тополя, что позволило оценить радиэкологическую ситуацию на урбанизированных территориях, выявить природные и техногенные составляющие этого фактора, что дало возможность скорректировать санитарно-гигиенические мероприятия.

Существуют работы по изучению и выявлению источников трансграничного загрязнения окружающей среды, где листья тополя также являются биогеоиндикатором [34]. А также есть работы, показывающие что листья тополя способны накапливать специфичные элементы, источниками которых могут быть выбросы предприятий металлургического, топливно-энергетического, машиностроительного, нефтехимического и других комплексов [57].

Биоиндикационный потенциал листьев был исследован Есенжоловой А.Ж. и Паниным М.С. (2012) [18]. Наиболее информативными видами для индикации загрязнения атмосферы г. Темиртау тяжелыми металлами являются листья *B. pendula* Roth., *A. negundo* L., *E. argentea* Porsch., а также листья деревьев рода *Populus*. Эти листья древесных растений проявляют значительную аккумуляцию тяжелых металлов. Содержание тяжелых металлов и зольность листьев возрастает прямо пропорционально той техногенной нагрузке, которой они подвергаются [42].

В диссертационной работе Бариевой Р.Н. (2014) [6] определены уровни устойчивости тополя бальзамического к техногенному воздействию в разных условиях жизнедеятельности, включая химическое загрязнение. В парковой зоне «нормальной» жизненностью» характеризуются 99%, «здоровой» визуальной оценкой и «удовлетворительной» оценкой по деградации – 100% рассмотренных деревьев. В зоне автомагистрали «нормальная» жизненность соответствует 85%, «здоровая» визуальная оценка 76% и «удовлетворительная» оценка по деградации 98% рассмотренным деревьям. В зоне химпредприятий отмечается снижение уровней устойчивости деревьев генеративного возраста до 2% по оценке деградации, до 24%, по визуальной оценке, и до 15% по оценке жизненности.

В ряде выпускных квалификационных работ, в листьях тополя, выявлены высокие содержания редкоземельных элементов, относительно содержания химических элементов в фоновых пробах в городах: Омск [14], Комсомольск-на-Амуре [20], Чита [43], Барнаул [1], Тобольск [27] их накопление обуславливается

влиянием объектов теплоэнергетики, различных промышленных объектов (нефтеперерабатывающие, машиностроительные заводы и тд.). В таких городах как Благовещенск [16], Иркутск [37], Краснокаменск [38], Владивосток [41] накопление РЗЭ связывают с петрогенным фактором.

Техногенное загрязнение ртутью в листьях тополя было выявлено в г. Новосибирске [45], Комсомольск-на-Амуре, Краснокаменске, вследствие деятельности ТЭЦ, химической промышленности, металлургии, в Благовещенске, также отмечено высокое содержание ртути, обусловленное влиянием опытно-промышленного завода, специализирующимся на переработке золотосодержащей руды, содержащей в качестве примеси ртуть.

Особенности геологического строения и минерагенической специализации территории г. Благовещенска, Иркутска, Владивостока и Читы определяют накопление в листьях тополя радиоактивных элементов (уран и торий). В Краснокаменске повышенные содержания U и Th также связаны с фактором «петрофонда», но он, в свою очередь, был усилен техногенным фактором, который представлен открытой и подземной добычей, первичной переработкой и транспортировкой урановой руды, хранением отходов переработки. Техногенные аномалии тория были выявлены в Тобольске и Барнауле, в Новосибирске – загрязнение ураном.

Все вышеперечисленные факты позволяют рассматривать листья тополя в качестве одного из главных объектов для биогеохимических исследований урбанизированных территорий в умеренных широтах, а также позволяют проводить отбор проб листвы по равномерной сети в различных масштабах и картировать результаты биогеохимической съемки [53].

2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА Г. ХАБАРОВСКА

2.1 Физико-географическая характеристика территории

2.1.1 Географическое положение

Город Хабаровск – административный центр Хабаровского края, крупный транспортно-логистический и промышленный центр Дальнего Востока. Территория города составляет – 388,7 кв. км, в том числе площадь левого берега реки Амур – 82,0 кв. км и площадь зеркала реки Амур – 77,0 кв. км [78].

Город расположен в южной части Хабаровского края на правом берегу реки Амур в месте ее слияния с рекой Уссури. Город вытянут на более чем 40 км. вдоль Амура и Амурской протоки. Вблизи Хабаровска по острову Большой Уссурийский проходит государственная граница с КНР, расстояние до которой от черты города – около 20 км.

2.1.2 Геологическое строение

В пределах г. Хабаровска геологический комплекс представлен триасово-юрскими кремнистыми, кремнисто-глинистыми и терригенными отложениями, меланжем, содержащим пермские сланцы и известняки в позднеюрско-раннемеловом матриксе. Вулканыты встречаются редко, известны их выходы в пределах Хабаровска и на сопке Двух братьев в его окрестностях [8].

Наиболее древними на данной территории являются палеозойские отложения карбонового и пермского возраста (абсолютный возраст 345-280 млн лет) [28]. Они слагают Воронежские, Львовские и Хабаровские высоты. Отложения верхнего карбона воронежской свиты (C_3 vr) выходят на поверхность в береговых обнажениях Амура в Краснофлотском районе. Они представлены вулканогенно-осадочными породами: кремнисто-глинистыми, углисто-глинистыми, кремнистыми сланцами, туфами, песчаниками, пластовыми залежами диабазовых порфитов и линзами известняков. Строение свиты сложное, породы значительно «смяты в складки», нарушены послойными

срывах. Ее контакт с вышележащими отложениями пермского возраста – тектонический. Он отмечен к северу от мясокомбината вблизи ул. Осиповки, выражается в виде резкой смены литологического состава осадочных пород, а также многочисленных водопроявлений вдоль оврага, прорезающего западный склон холма у пос. Энергетиков (рисунок 3).

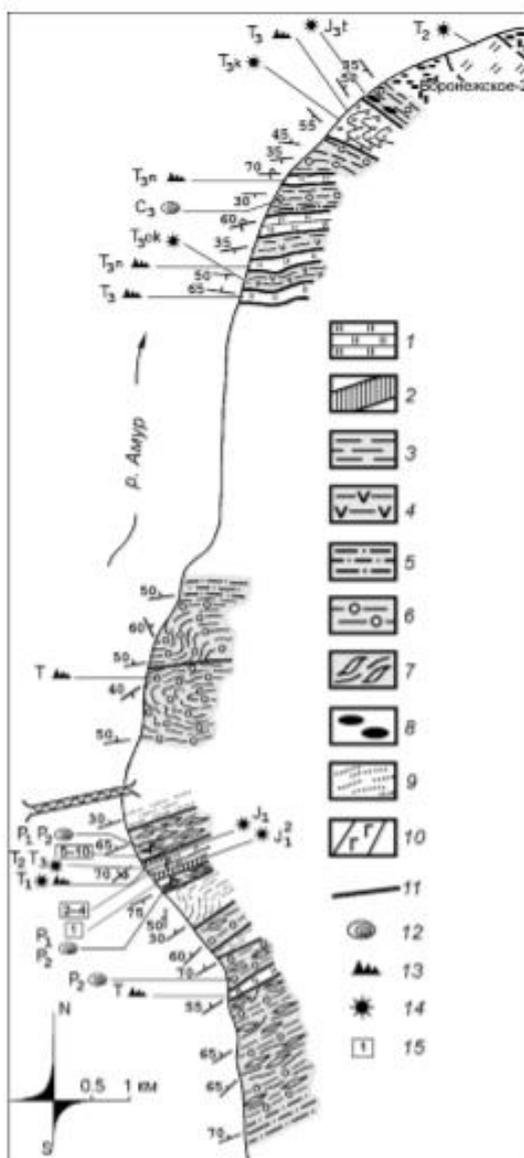


Рисунок 3 – Геологический разрез хабаровского комплекса

1 – плитчатые кремни и яшмы, 2 – кремнистые аргиллиты, 3 – алевролиты и алевроаргиллиты, 4 – туффиты и туфоалевролиты, 5 – песчаники, 6 – галечные и галечно-глыбовые микститы, 7 – меланж, 8 – марганцевые и карбонатные конкреции, 9 – метапесчаники и сланцы, 10 – местопроявления вулканитов, 11 – разломы [8]

Осадочные породы пермского возраста разделены на две свиты: утанакскую и хабаровскую [28]. Породы утанакской свиты изучены в береговых обнажениях в центре Хабаровска и в откосах вблизи ст. Красная речка. В состав толщи утанакской свиты входят чередующиеся слои печаников, алевролитов, глинистых и кремнисто-глинистых сланцев, среди которых могут встречаться пласты вулканогенных пород – диабазовых порфиритов, спилитов и туфов. Породы хабаровской свиты распространены в пределах Львовских и Хабаровских высот и обнажаются в береговых обрывах Амура между заводов «Дальдизель» и железнодорожным мостом. Свита сложена хлоритоглинистыми, глинистыми и филлитовидными сланцами, кремнистыми породами, туфами, туффитами, брекчиями, песчаниками с прослоями туфов, спилитов и линзами известняков.

Более «молодые» мезозойские отложения триасового и мелового возраста распространены в южной части Хабаровска и пригородной зоне и слагают хр. Хехцир и Вятско-Елабужские увалы.

2.1.3 Рельеф

Хабаровск расположен в юго-восточной части Среднеамурской равнины. Территория города характеризуется преимущественным развитием аккумулятивного типа рельефа и значительно меньшим распространением денудационно-эрозионного, денудационно-аккумулятивного и эрозионно-аккумулятивного типов рельефа [28].

Денудационно-эрозионный рельеф представлен скульптурным мелкосопочником и холмисто-увалистой поверхностью. Скульптурный мелкосопочник – это отдельные возвышенности (сопки) и гряды с высотами 100-170 м. Холмисто-увалистая поверхность с относительными превышениями 60-80 м протягивается полосами северо-восточного направления. Примерами могут служить Воронежские и Львовские высоты, которые находятся в Краснофлотском и Кировском районах города; Хабаровские высоты – в Центральном районе; Матвеевские высоты – в Железнодорожном районе;

Краснореченские высоты расположены в южной части Хабаровска у подножья хр. Хехцир.

Денудационно-аккумулятивный рельеф представлен пологоволнистой, слабо увалистой поверхностью, развитой по периферии мелкосопочника, холмов и увалов.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф распространен в юго-западной части города на правобережье Амурской протоки до пос. Казакевичево. Он представлен древней поверхностью выравнивания – отдельными увалами и холмами.

Аккумулятивный рельеф занимает более 160 км² – 80% территории Хабаровска. Это преимущественно Индустриальный и Железнодорожный районы, частично Кировский и Краснофлотский районы, обширный пригородный район к востоку от Хабаровска. Этот тип рельефа характеризуется обширной равниной, понижающей к пойме Амура и малых рек.

2.1.4 Климат

Климат Хабаровского района – муссонный с холодной малоснежной зимой и жарким влажным летом [28]. Среднегодовая температура воздуха в районе Хабаровска +1,4 °С. С середины ноября по середину марта в г. Хабаровск приходит холодная и ветреная зима. Средняя температура января колеблется от –15,7°С до –23,5°С. Абсолютный минимум температуры зафиксирован в январе 2011 г. (–40,0°С).

Устойчивое тепло приходит в конце мая и длится до сентября. Самый теплый месяц – июль; средняя его температура +21,3°С. Летом часты сушь и жара, которые вызывают лесные пожары, ощущаемые в городе остро – гарь стоит во всем городе и мало сдувается ветрами с реки, которых в это время нет. Жаркая погода часто держится 2-3 недели, повышая температуру воздуха до +30°С...+35°С [80].

Осадки в течении года распределяются крайне неравномерно. В теплый период года (апрель-ноябрь) их выпадает 88%, а в холодный (ноябрь-март) – 12%

от годовой суммы осадков. Летом осадки имеют характер ливневых дождей, а осенью чаще наблюдаются обложные осадки. Среднегодовое количество осадков – 672 мм, минимальное – 334 мм, а максимальное – 1119 мм. Высота снежного покрова невелика, в среднем 18 см.

Основные направления ветров – юго-западное и северо-восточное. В холодный период ветра преимущественно дуют с юго-запада ветра, а в теплый – добавляются северо-восточные (рисунок 4).

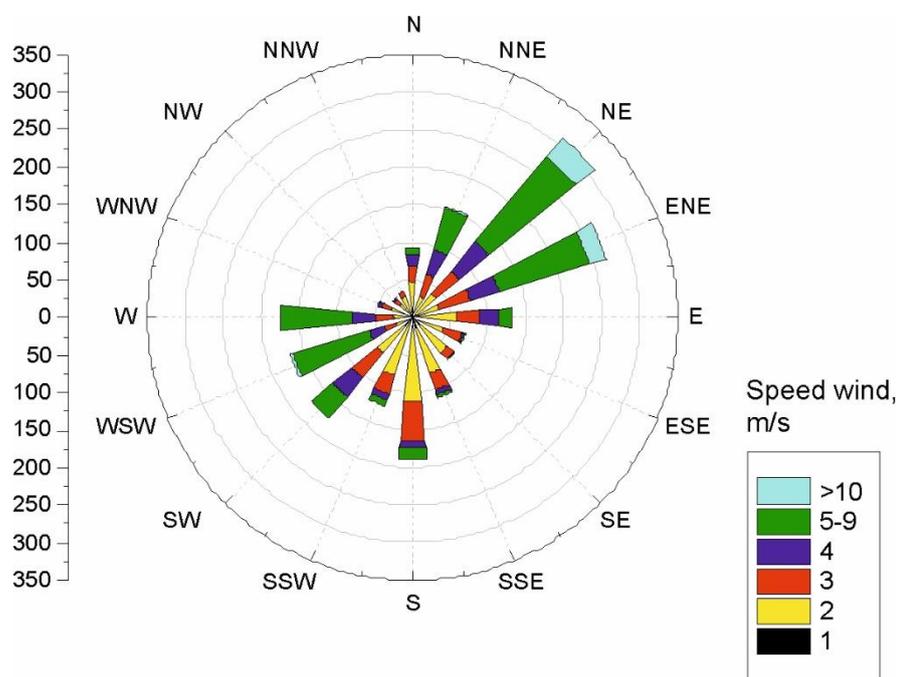


Рисунок 4 – Летняя роза ветров г. Хабаровск, 2015г. (по данным метеостанции аэропорта Хабаровск им. Г.И. Невельского на сайте www.rp5.ru [79])

2.1.5 Поверхностные и подземные воды

Поверхностные воды. По территории Хабаровского края проходит водораздел между Тихим и Северным Ледовитым океаном. Водные объекты принадлежат бассейнам рек, впадающих в Охотское море и Татарский пролив Тихого океана (бассейны Амура, Уды, Тауя, Тумнина, Ини, Охоты и других) и в Море Лаптевых и Восточно-Сибирское море Северного Ледовитого океана (бассейны Лены, Колымы и, незначительно, Индигирки) [83].

Хабаровск находится на правом берегу Амурской протоки и реки Амур, недалеко от места слияния рек Амур и Уссури. Бассейн реки Амур расположен на территории трех государств – России (54 % площади бассейна), Китая (44%), Монголии (2 %), и представляет собой крупную природную систему, состоящую из множества речных бассейнов, которые находятся в различных природно-климатических зонах [24]. 2827 притоков принимают участие в формировании качества воды Амура. Зeya, Уссури, Буряя, Амгунь, Шилка, Тунгуска, Анюй, Горин, Гур относятся к наиболее многоводным рекам.

Хабаровский водный узел представляет собой русло р. Амур на участке от истока протоки Казакевича до устья протоки Пемзенская (рисунок 5) [52]. Среди рукавов реки по размерам наиболее значительны: главное русло и его протока Казакевича к устью р. Уссури, протока Амурская от устья Уссури до слияния с главным руслом Амура, протоки Пемзенская и Бешеная. В этой части долины Амура наиболее крупные острова пойменного расширения – о. Тарабаров и Большой Уссурийский.



Рисунок 5 – Водные объекты Хабаровского водного узла [52]

Хабаровский водный узел отличается наибольшей гидрохимической изученностью, так как население военного поста, а затем и города издавна использовало амурскую воду для питьевого водоснабжения.

Реки имеют дождевое питание (70-80%), небольшие весенние паводки и высокие паводки во второй половине лета, нередко приводящие к катастрофическим наводнениям (последнее в 2013), уровень воды у г. Хабаровск достиг 808 см, при средних значениях 346 см [81].

Подземные воды. По условиям залегания и характеру циркуляции в районе Хабаровска выделены следующие типы подземных вод:

- грунтовые пластово-поровые воды современных аллювиальных отложений;
- грунтовые пластово-поровые воды плиоцен-нижнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений;
- грунтовые пластово-поровые и пластово-трещинные воды угленосных отложений палеоген-неогенового возраста;
- грунтовые трещинные и пластово-трещинные воды палеозойских и мезозойских осадочно-вулканогенных пород [28].

Хабаровский край обладает огромными природными ресурсами подземных вод высокого качества (порядка 48,2 млн. м³/сут.). Минерализация незначительна от 80 мг/л до 900 мг/л. Средний модуль прогнозных ресурсов пресных подземных вод в целом по Хабаровскому краю равен 0,71 л/с*км² при площадном модуле современного водопотребления 0,1 л/с*км² [13].

Прогнозные ресурсы подземных вод Хабаровского края составляют 50027 тыс. м³/сут (31,42% общего объема прогнозных ресурсов подземных вод Дальневосточного федерального округа и 5,75% – России) [83]. Среди регионов федерального округа Хабаровский край занимает первое место по объёму прогнозных ресурсов подземных вод, среди регионов России – четвёртое место.

Запасы пресных подземных вод составляют 1058,669 тыс. м³/сут, в том числе по категориям А+В – 515,09 тыс. м³/сут. Прирост запасов пресных подземных вод по Хабаровскому краю в 2015 г. составил 16,99 тыс. м³/сут.

По данным на 1 января 2015 г. за год из подземных водных объектов Хабаровского края добыто и извлечено 180,6 тыс. м³/сут, в том числе на месторождениях – 94,3 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов подземных вод составляет 12,63% – третий показатель среди регионов федерального округа после Сахалинской области и Камчатского края.

2.1.6 Почвенный покров

По данным ФГУ ЦАС «Хабаровский» в Хабаровском крае почти половина почв, представлены в основном буро-подзолистыми, лугово-бурыми, лугово-глеевыми и бурыми лесными почвами, имеет очень низкую и низкую гумусированность [81].

Хабаровск принадлежит к восточной буроземно-лесной области бурых и подзолисто-бурых лесных почв [48].

2.1.7 Растительный покров

Хабаровский край обладает огромными лесными ресурсами. На его долю приходится 18% лесопокрытой площади Дальневосточного федерального округа и 25% запасов древесины [13]. Площадь земель государственного лесного фонда составляет 73,7 млн. га.

Более 300 видов деревьев и кустарников произрастает в Хабаровском крае. Основными лесообразующими породами являются лиственница даурская и ель аянская. Здесь произрастают такие ценные породы, как бархат амурский, тис, орех маньчжурский, кедр корейский и др. В пределах г. Хабаровска отмечается много насаждений тополя.

Среди недревесных ресурсов Хабаровского края особую ценность представляют уникальные дальневосточные лекарственные растения – женьшень, элеутерококк, лимонник, аралия, ряд травянистых [82]. Перспектива добычи эфирных масел и живицы хвойных деревьев. Большое значение имеют пищевые ресурсы – кедровые и другие орехи, дикорастущие ягоды, грибы, папоротник. Имеется много медоносных древесных и травянистых растений.

2.2 Административно-территориальное деление и функциональная структура города

Город Хабаровск, административный центр Хабаровского края, разделён на 5 внутригородских районов: Железнодорожный, Индустриальный, Кировский, Краснофлотский и Центральный (рисунок 6) [13].

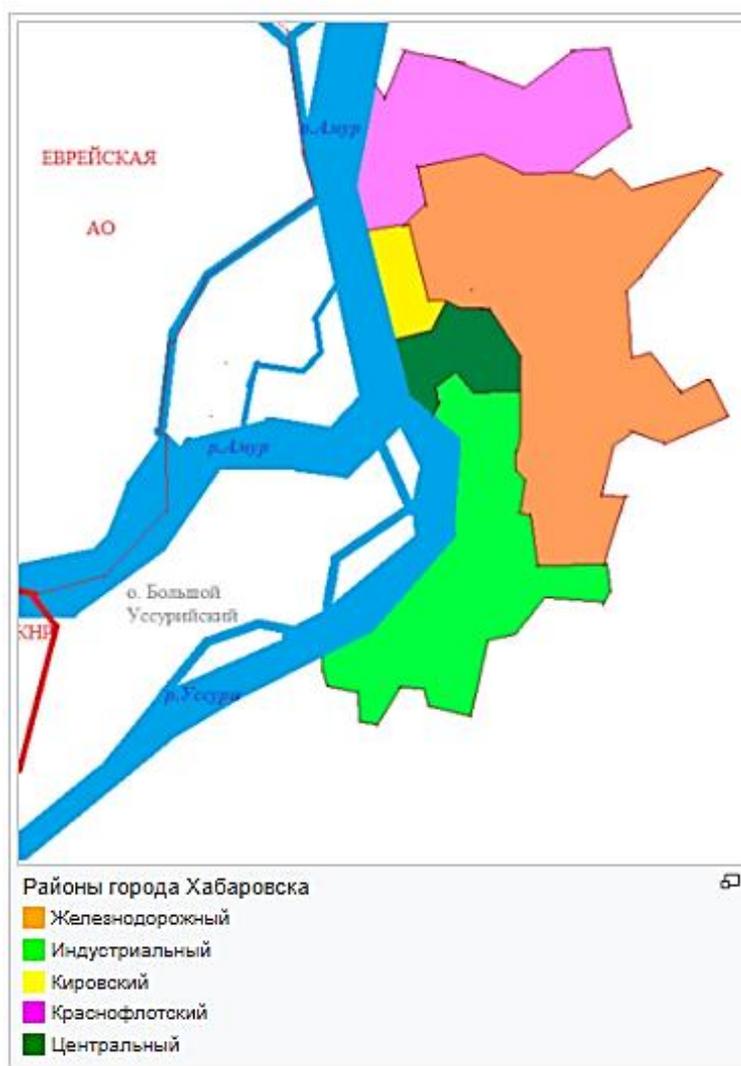


Рисунок 6 – Административно-территориальное деление г. Хабаровск

Функциональные зоны г. Хабаровск обобщённо представлены тремя типами: промышленными, рекреационными и жилыми (рисунок 7). Территории с жилыми застройками делятся на два подтипа: зоны с многоэтажной жилой застройкой и зоны малоэтажной и индивидуальной жилой застройкой.

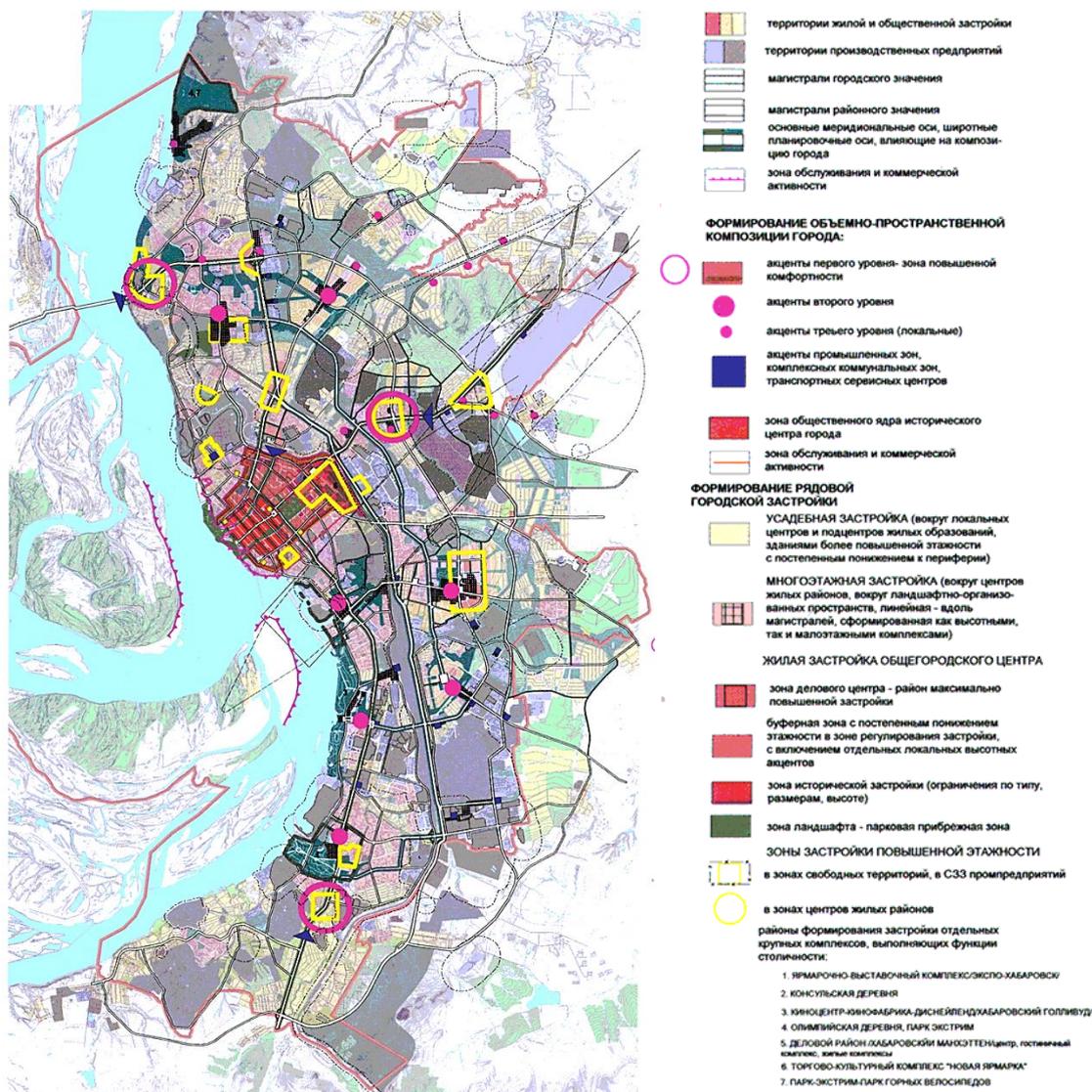


Рисунок 7 – Функциональное зонирование территории г. Хабаровск [13]

2.3 Промышленная инфраструктура и крупные предприятия г. Хабаровска

Хабаровск – это крупный промышленный город с развитой экономикой и инфраструктурой. Треть объема валовой продукции Хабаровска приходится на предприятия энергетической отрасли, на втором месте пищевая промышленность. Важными отраслями промышленности Хабаровска являются машиностроение и металлообработка, а также лесная отрасль.

Топливо-энергетический комплекс представлен Хабаровскими ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и нефтеперерабатывающим предприятием, продукция которого

обеспечивает потребности Дальневосточного региона и частично экспортируется [13].

В Хабаровск несколько судостроительных заводов. Химическая отрасль представлена предприятием по выпуску лекарственных средств. Среди предприятий пищевой промышленности: пивоваренный завод, производство макаронных изделий, компания по производству соусов, овощных соков и консервов.

Полный список промышленных предприятий, представлен ниже:

- Хабаровские ТЭЦ-1, ТЭЦ-2;
- ОАО «Дальхимфарм»;
- ОАО «Дальмостострой»;
- ГК «Амурское пароходство»;
- ООО «Транснефть – Дальний Восток»;
- АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт»;
- АО «ННК-Хабаровский НПЗ»;
- ОАО «Амурский кабельный завод»;
- ФГУП «Хабаровский судостроительный завод»;
- Хабаровский судостроительный завод;
- ОАО «Ликёро-водочный завод «Хабаровский»;
- ОАО «Дальневосточный научно-исследовательский институт технологии судостроения»;
- ОАО «Дальэнергомонтаж»;
- ОАО «Хабаровский станкостроительный завод»;
- ОАО «Дальэнергомаш»;
- ОАО «Завод им. Горького»;
- ООО Артель старателей «Амур»;
- ОАО Артель старателей «Восток»;
- ООО «Римбунан Хиджау» – крупнейший на Дальнем Востоке лесопромышленный комплекс;
- ООО "Хабаровский трубный завод".

Теплоэлектростанции входит в состав АО «Дальневосточная генерирующая компания», филиал «Хабаровская генерация». На Хабаровских ТЭЦ ежегодно сжигается до 4-5 млн т угля и складывается около 600 тыс. т золошлаковых отходов.

В 1954 г. была введена в строй ТЭЦ-1. Установленная мощность составляет 435 МВт (электрическая), 1200 Гкал/ч (тепловая). Станция обеспечивает до 60% потребления тепловой энергии Хабаровска. Потребляет в год 2.0-2.2 млн. т угля. Она проектировалась на использование углей Райчихинского месторождения [50]. В последующем на ТЭЦ стали поступать угли с Харанорского, Ургальского и других месторождений. Она имеет три золоотвала, два из них законсервированные, один заполняемый.

Золоотвал №1 площадью 1200х200 м, глубиной 810 м. Заполнялся в 1954-1986 гг. До 1979 г использовались угли Райчихинского месторождения, в последующем – Харанорского, Нерюнгринского, Гусино-Озерского и в небольшом количестве с Павловского (Приморье) и Монголии (Дарханское).

Золоотвал № 2 размером 450х1200 м, глубиной 810 м заполнялся в 1987-1996 гг. В этот период на ТЭЦ поступали угли не менее, чем из 10 месторождений, но преобладали угли Харанорского, Гусино-Озерского и Павловского месторождений.

Золоотвал № 3 заполняется с 1995 г. Его размеры 800х400 м, расположен в естественном углублении. Мощность ЗШО достигает местами 20 и более метров. Сжигались угли с различных месторождений при преобладании углей Харанорского, Гусино-Озерского, Ургальского и Азейского месторождений.

ТЭЦ-3 функционирует с 1985г. Установленная мощность – 720 МВт (электрическая), 1040 Гкал/ч (тепловая). Это вторая по мощности тепловая электростанция на Дальнем Востоке России. Она использует, в основном, угли Нерюнгринского месторождения, но также, в последние годы, стали использовать угли Ургальского месторождения и, иногда, угли из Китая с месторождений провинции Хэйлуньцзян. По отчетным данным, на ТЭЦ-3 при сгорании топлива, образуется около 300 тыс. т ЗШО в год. Она имеет один

золоотвал, его размеры 500x800м, с максимальной глубиной 35-40м, при средней 18-25м.

Таким образом, Хабаровск промышленно насыщенный город, окружающая среда которых испытывает серьезную нагрузку от деятельности промышленных предприятий и производств.

3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ Г. ХАБАРОВСКА

3.1 Состояние атмосферного воздуха

Источниками техногенного загрязнения на территории г. Хабаровска являются две крупные теплоэлектростанции, ряд предприятий химической и нефтяной промышленности, судостроительный завод и около 10 других крупных предприятий. Промышленные предприятия города ежегодно выбрасывают в атмосферу ~ 120 тыс. т вредных веществ, выбросы от транспорта составляют около 90 тыс. т. [12].

Основной вклад в выбросы от стационарных источников вносят СП «Хабаровская ТЭЦ-1», «Хабаровская ТЭЦ-3» и АО «ННК – Хабаровский нефтеперерабатывающий завод» [13].

Кроме того, в городе создаются особые условия для рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере в следствие неблагоприятных климатических условий (высокой повторяемости: ветров со скоростью 0-1 м/с, штилей, застоев воздуха, приземных и приподнятых инверсий температуры), перенос загрязняющих веществ в районы жилой застройки, что создает высокий уровень загрязнения (в 2015 г. ИЗА = 13,4) атмосферного воздуха в г. Хабаровск [25, 13].

В 2013 г. Голохваст К.С., Алейникова Е.А. провели исследование, посвященное качественному составу атмосферных взвесей в воздухе Хабаровска [12]. Большое количество сажевых частиц (сферул) было выявлено в пробах снега, которые, авторы определили, как продукт выхлопа автомобильного транспорта (в частности, дизельных двигателей). Связано это с повышенным грузопотоком транспорта в области пересечением четырех магистралей и максимальным количеством пробок на дороге. В Хабаровске вклад автотранспорта в суммарный выброс составляет 49% [13].

Большое количество сажевых частиц вперемешку с минералами и неопределяемым техногенным мусором обнаружилось в районе ТЭЦ-3 [12]. В

пробах в районах нахождения парка «Динамо», детского санатория и железнодорожного вокзала находились наиболее крупные частицы взвесей (до 1 мм). Эти районы являются наиболее благоприятными районами для проживания. В целом частицы взвесей, найденные в этих районах, являются природными – минералы, растительный детрит, части насекомых.

Авторы Голохваст К.С. и Алейникова Е.А. условно разделили Хабаровск на три группы районов, на основе вещественного состава взвесей и их опасности для здоровья:

- неблагоприятные для проживания (нефтеперерабатывающий завод, крупные автотранспортные и железнодорожные узлы);
- условно неблагоприятные для проживания (средние автотранспортные узлы, ТЭЦ);
- условно благоприятные для проживания (пригородные и лесопарковые зоны).

Из основных примесей атмосфера города в 2015 г. более всего была загрязнена диоксидом азота [13]. Среднегодовое содержание составляло 1,5 ПДК. Максимальное значение достигало уровня 3,8 ПДК.

Средняя за год концентрация взвешенных веществ составляет 1,2 ПДК, максимальная – 2,8 ПДК.

Среднегодовое содержание оксида углерода не превышает 1,0 ПДК, максимальное разовое содержание составляет 2,0 ПДК.

Загрязнение диоксидом серы и оксидом азота незначительное (таблица 1).

Таблица 1 – Данные стационарных наблюдений по г. Хабаровску в 2015 году [13]

Наименование примеси	Среднегодовая концентрация		Максимальная концентрация за год		Повторяемость превышения 1 ПДК (%)
	мг/м ³	ПДК (кратность)	мг/м ³	ПДК (кратность)	
Взвешенные вещества	0,178	1,2	1,4	2,8	2,9
Диоксид серы	0,019	0,4	0,187	0,4	0,0
Оксид углерода	1,7	0,6	10,0	2,0	0,6
Диоксид азота	0,06	1,5	0,76	3,8	4,8
Оксид азота	0,02	0,3	0,09	0,2	0,0

Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена составляет 1,3 ПДК, максимальное из среднемесячных значений в феврале вблизи автомагистралей достигало уровня 4,9 ПДК. В годовом ходе отмечается рост среднемесячных концентрация бенз(а)пирена в зимнее время (рисунок 8).

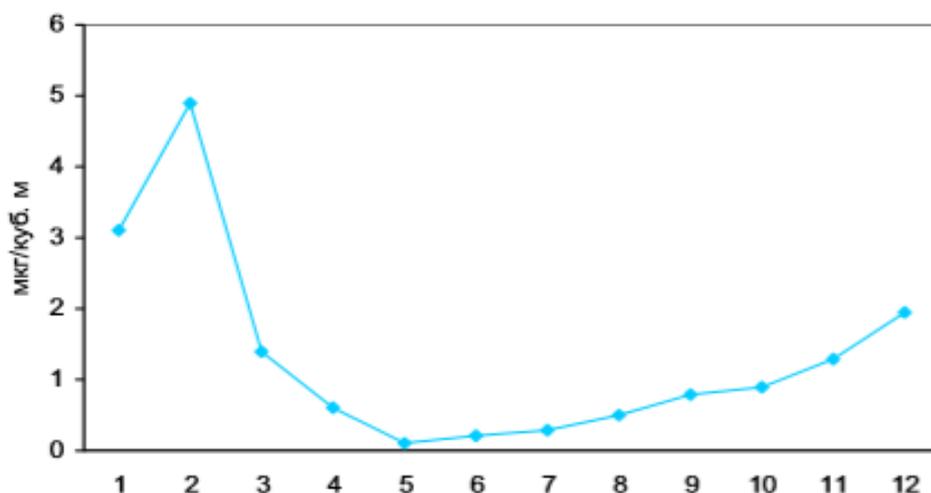


Рисунок 8 – Годовой ход среднемесячных концентрация бенз(а)пирена в г. Хабаровске [13]

Среднегодовое значение концентрация формальдегида составляет 1,3 ПДК, максимальное – 3,2 ПДК.

Максимальная концентрация сероводорода, превышающая ПДК в 1,8 раза, отмечена в марте вблизи автомагистралей. В остальное время года случаев превышений ПДК не наблюдалось.

Загрязнение фенолом, сажей, хлоридом водорода, хромом (VI) незначительное. Максимальное содержание аммиака в июле и октябре достигало 1,0 ПДК.

3.2 Состояние поверхностных и подземных вод

Хабаровск находится на правом берегу Амурской протоки и реки Амур, недалеко от места слияния рек Амур и Уссури. В формировании качества воды Амура принимают участие 2827 притоков. К наиболее многоводным рекам относятся: Зея, Уссури, Буряя, Амгунь, Шилка, Тунгуска, Анюй, Горин, Гур.

Реки бассейна р. Амур испытывают большую антропогенную нагрузку. Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются береговые объекты речного флота, золотодобывающие и угледобывающие предприятия, промышленные центры, железнодорожный транспорт, предприятия мясной и молочной промышленности, объекты коммунального хозяйства [13].

Но необходимо учитывать возможное частичное влияние трансграничного водного объекта – р. Сунгари. Водосбор этой реки полностью находится на территории КНР. На качественный состав этого притока влияют сбросы сточных вод населенных пунктов КНР и поверхностный сток с территории, активно используемой сельскохозяйственными предприятиями.

По комплексной оценке, качество воды рек бассейна р. Амур варьировало от «загрязненных» (3-й класс) до «очень загрязненных» (4-й класс).

В водах рек бассейна р. Амур приоритет отдан загрязненности соединения марганца, железо общего, меди и цинка, концентрации которых имели самый высокий процент повторяемости случаев превышения ПДК в 2015 г.

Высокие и повышенные концентрации в воде соединений железа, марганца, меди и цинка зачатую обусловлены природными факторами формирования химического состава поверхностных вод бассейна р. Амур и в целом характерны для поверхностных вод Дальневосточного региона.

Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносили трудноокисляемые (по ХПК) органические вещества, соединения железа, меди, марганца.

Кислородный режим, на протяжении всей реки, был вполне удовлетворительным. Средние концентрации растворенного кислорода находились в диапазоне 8,52-11,0 мг/дм³.

Среднегодовые концентрации взвешенных веществ изменялись от менее 5,0 до 57,4 мг/дм³.

Вода р. Амур маломинерализованная, сумма главных ионов не превышает 177 мг/дм³.

Донные отложения как один из компонентов водной экосистемы играют определяющую роль в формировании качества воды речных систем. Исследованные илистые фракции (водно-пептизируемые и агрегированные илы) донных отложений р. Амур характеризуются высокой аккумулятивной способностью по отношению к железу, марганцу, меди и цинку [24].

Исследования минералогии донных отложений показали, что в составе отложений есть плагиоклазы, глинистые минералы (каолинит, хлорит, смектит), оксиды железа, эпидот-роговообманковой ассоциации – ильменит (FeTiO_3), сфен (CaTiSiO_5), рутил (TiO_2), апатит, смешанные фосфаты редкоземельных элементов (La, Ce, Nd, Y, Yb, Pr, Er, Gd) и циркон (ZrSiO_4).

Качество воды Амурской протоки оценивалось 3 классом, «очень загрязненная». В целом по протоке высокая загрязненность соединениями железа общего, никеля, цинка, марганца, азота аммонийного и нефтепродуктами [13].

По результатам оценки обеспеченности населения Хабаровска ресурсами подземных вод составило 1565 тыс. м³/сут.

Сезонное поступление органических веществ различного строения с поверхностным стоком принимает важное участие в загрязнении подземных источников на изучаемой территории. Органолептические свойства воды изменяются, за счет развития микробных комплексов., отличался Водная скважина, расположенная в Северном микрорайоне, отличилась высокой численностью гетеротрофных бактерий, участвующих в трансформации органических веществ, при этом население считает очень чистым этот источник воды. В нем также определяли высокие концентрации тяжелых металлов, включая V, Co, Ni, As, Be и Pb [3].

Результаты комплексных исследований показали, что в пробах воды из подземных источников, отобранных в различных районах г. Хабаровска, присутствует радон, а в зимний период были установлены высокие концентрации стронция и урана.

3.3 Состояние почвенно-растительного покрова

Проведенный анализ почвенных проб показал, что исследованные районы г. Хабаровска можно выстроить в следующем порядке, по максимальному накоплению ртути: Центральный округ (0,97 мкг/кг) > Южный округ (0,73 мкг/кг) > Железнодорожный (0,17 мг/кг) > Северный округ (0,16 мг/кг) [36].

Максимальное накопление свинца по районам города можно представить следующим образом: Центральный округ (54,2 мкг/кг) > Южный округ (49,0 мкг/кг) > Северный округ (12,2 мг/кг) > Железнодорожный (11,4 мг/кг). По средним значениям первое место занимает Южный округ, далее Центральный > Северный > Железнодорожный округ.

В Южном округе выявлена Максимальная концентрация меди (8,1 мг/кг) далее по убыванию количественного содержания меди в почвах идут: Северный округ (6,6 мг/кг), Центральный (3,9 мг/кг) и Железнодорожный (3 мг/кг), такая же картина прослеживается и по средним значениям показателя.

Максимальное накопление цинка в почвах по территориальному расположению, можно выстроить в следующий ряд: Центральный округ (144,2 мг/кг) > Южный (138 мг/кг) > Железнодорожный (110,5 мг/кг) > Северный (83,7 мг/кг). По средним значениям распределение цинка несколько иное: Железнодорожный > Южный > Центральный > Северный округ. Выявлена тенденция к накоплению цинка в почвах города в результате антропогенной деятельности.

Территориальное максимальное накопление марганца следующее: Северный округ (1140 мг/кг) > Центральный (437,4 мг/кг) > Железнодорожный (335,6 мг/кг) > Южный округ (245,1 мг/кг).

Результаты расчётов показали, что среднее значение суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами (12,12), в целом по административным округам города Хабаровска, не превышает допустимого уровня загрязнения. Дополнительная нагрузка на почвы отмечается в отдельных

точках, уровень химического загрязнения в которых оценивается как умеренно опасный (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчёта коэффициента концентрации химического вещества, Кс [36]

Металл	Коэффициент концентрации хим. вещества, Кс	Суммарный показатель загрязнения, Zс	Оценка суммарного показателя загрязнения, Zс
Свинец	3,675	12,12	16-32 Категория загрязнения почвы: допустимая
Цинк	5,73		
Медь	1,24		
Марганец	4,54		
Ртуть	1,93		

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что наибольшая нагрузка по ртути, свинцу, цинку установлена в Центральном округе, по меди в Северном, по марганцу в Северном и Центральном округе.

Исследования радионуклидов в урбанизированных почвах города Хабаровска показали, что количество ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra в наибольшей степени приурочено к зоне влияния ТЭЦ-3 и ЗШО (таблица 3) [35].

Таблица 3 – Сравнительная характеристика содержания радионуклидов в почвенном покрове

Объект	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
ЦПКиО	19,06	30,50	469,26
ТЭЦ-3	38,01	50,09	542,71
ЗШО	34,45	42,70	543,18
Сельхозугодья	20,09	20,90	442,20
Россия	27,00	30,00	520,00

Загрязняющие вещества легко вовлекаются в экосистемные миграционные циклы, накапливаясь не только и в почве, и в растениях. Наибольшая удельная активность ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th в растительности отмечается в зоне влияния золошлакоотвала (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительная характеристика содержания радионуклидов в растениях

Объект	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг		
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
ТЭЦ-3	29,50	32,50	204,40
ЗШО	38,95	36,71	224,73
Сельхозугодья	25,5	5,00	177,30

3.4 Влияние золошлаковых отвалов на окружающую среду

При размещении золошлаковых отходов (ЗШО) на отвалах существует целый ряд негативных факторов воздействия золоотвала на окружающую среду:

- сезонное «пыление» необводненных зон золоотвала;
- загрязнение почв и поверхностных вод, контактирующих с ЗШО;
- формирование в ходе эксплуатации золоотвала техногенного горизонта грунтовых вод;
- возникновение потенциальной угрозы окружающей среде вследствие частичного или полного разрушения ограждающей дамбы золоотвала с последующим распространением ЗШО по рельефу местности;
- значительное отчуждение территории;
- угнетение жизнедеятельности растений;
- ухудшение здоровья человека [49].

Одним из значительных путей воздействия золоотвалов ТЭЦ на окружающую среду является вынос в атмосферу пылевых частиц в результате ветровой эрозии и последующее осаждение на почве, растительности, водной поверхности. Отвалы начинают пылить в результате несовершенства проектных решений и технологии складирования золошлаков, нарушения правил эксплуатации объектов.

Проведенный расчет пылевого выноса и рассеивание золовых частиц в атмосфере от золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 позволил установить, что приземные концентрации пыли неорганической 70-20% SiO₂ на расстоянии 150 м от золоотвала составляют 30,9 мг/м³, на расстоянии 1000 м – 0,16 мг/м³.

Выброс пыли увеличивается в 2,6 раза с увеличением скорости ветра от 2 до 18 м/с. На расстоянии 500 м от золоотвала приземная концентрация пыли неорганической в атмосферном воздухе достигает 11,7 ПДКм.р. Доля ТЭЦ-3 в загрязнение атмосферы составляет от 0 до 23% [47].

В почвенном покрове в зоне воздействия золоотвала выявлены превышения ПДК/ОДК по содержанию Cd, As, Ni – в 1,1-1,4 раза. На границе санитарно-защитной зоны золоотвала, в почве, также отмечены превышения ПДК по As в 3,7-3,8 раза. Степень загрязнения исследуемых почв – допустимая. Экологическая обстановка относительно удовлетворительная [48].

В лугово-бурых почвах было отмечено более высокое накопление ^{40}K и ^{226}Ra , в бурых лесных почвах зоны влияния золоотвала – ^{232}Th . Данные наглядно подтвердили техногенный привнос радионуклидов в зоне влияния золоотвала: удельная активность ^{232}Th выше в 2 раза, ^{226}Ra – в средней удельной активностью радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий. На границе санитарно-защитной зоны золоотвала было установлено превышение только по ^{232}Th в 1,7 раза.

По сравнению с многолетними травами сельскохозяйственных угодий среднее содержание Mn, Zn, Cd, Hg, Pb в многолетних травах в зоне влияния золоотвала выше: на лугово-бурых почвах: в 4,5-27,1; 1,3-3,8; 1,55; 1,4 и 2,2-3 раза соответственно; на бурых лесных почвах в 1,4-12,0; 1,1-2,7; 1,4-2,3; 1,4; 2,0-5,5 раза соответственно. В листьях полыни обыкновенной и бодяка щетинистого установлено накопление Ca, Mn, Co, Cu, Zn, Fe и Sr; Al и Pb – в листьях полыни и в корнях бодяка, Ni – в корнях полыни и бодяка.

Удельная активность радионуклидов многолетних трав зоны влияния золоотвала по сравнению с многолетними травами сельскохозяйственных угодий выше ^{40}K в 1,3 раза, ^{226}Ra – 1,5 раза и ^{232}Th – 7,3 раза, на границе санитарно-защитной зоны: ^{232}Th – в 2,7 раза. Накопление ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra происходит в большей степени в листьях, чем в стебелях и корнях.

В донных отложениях реки Березовой имеет место накопление элементов, входящих в состав золошлаковых отходов. По показателю

суммарного загрязнения (Z_c) экологическая обстановка оценивается как относительно удовлетворительная.

3.5 Экологически обусловленная заболеваемость населения

Сравнительный анализ показателей заболеваемости в г. Хабаровск в зависимости от территории показывает (с высокой и низкой техногенной нагрузкой), что уровень заболеваемости детей в экологически неблагополучных территориях более чем в 2 раза превышает заболеваемость детей на участке с низкой техногенной нагрузкой [32].

Согласно ежегодным статистическим отчетам по Хабаровскому краю на протяжении ряда лет в структуре общей заболеваемости детей (0-14 лет), проживающих в г. Хабаровске, преобладают болезни органов дыхания, пищеварения. Третье ранговое место занимают болезни кожи и подкожной клетчатки.

У детей в г. Хабаровске выявляются региональные особенности микроэлементного статуса, проявляющиеся в повышенном содержании железа, цинка, марганца, в дисбалансе других микроэлементов [17].

У детей, проживающих в экологически неблагополучных районах, имеется риск развития экологически детерминированных отклонений в состоянии здоровья.

4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика исследований элементного состава листьев тополя включала опробование, лабораторно-аналитические исследования (инструментальный нейтронно-активационный анализ, атомно-абсорбционный анализ ртути и электронно-микроскопические исследования) и обработку информации.

4.1 Отбор и подготовка проб листьев тополя

Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) часто используют для озеленения городских территорий в природных условиях умеренных широт, в том числе, и в г. Хабаровск [30].

Тополь бальзамический – дерево с раскидистой, широкояйцевидной кроной, достигает высоты 30 м (рисунок 9). Стволы снизу покрыты темно-серой трещиноватой корой, выше – серой, гладкой. Листья имеют яйцевидно-ланцетную, яйцевидную или эллиптическую форму, длиной 5-12 см, шириной 2,5-7,5 см. Растет тополь быстро, в молодом возрасте годичный прирост в высоту достигает 2 м.



Рисунок 9 – Тополь бальзамический [84]

Быстрый рост, экологическая пластичность, легкость вегетативного размножения многих форм и видов обуславливают защитные экологические функции тополя, а также позволяют рассматривать этот материал в качестве одного из главных объектов для эколого-геохимических исследований урбасистем [33].

Листья тополя являются специфическим геохимическим планшетом, который накапливает элементы из почвы, а также улавливает пылеаэрозоли из атмосферного воздуха за счет особенностей строения листа: шероховатости поверхности, наличия клейкого воска, расположения устьиц на обеих сторонах листовой пластинки [53]. Такое концентрирование элементов листьями тополей отражает кратковременный (4-5 месяцев) накопительный эффект.

В сухую ясную погоду в первой декаде августа 2015 г. было отобрано 38 проб листьев тополя бальзамического. Опробование проводилось по сети 2x2 км во всех административных районах города (Железнодорожный, Индустриальный, Кировский, Краснофлотский, Центральный), согласно методическим рекомендациям по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами [21]. В Краснофлотском районе были отобраны пробы под номерами 12-1, 11-0, 11-1, 10-0, 10-1, в Кировском – 9-1, 8-0, в Железнодорожном – 9-2, 9-3, 9-4, 8-1, 8-2, 8-3, 7-2, 7-3, 6-3, 5-4, 4-4, 3-4, в Центральном – 7-0, 7-1, 6-1, 6-2, в Индустриальном – 5-2, 5-3, 4-2, 4-3, 3-2, 3-3, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 1-0, 1-1, 1-2, 1-3, 0-1 (рисунок 10).

На каждой точке наблюдения, методом средней пробы, отбиралась одна проба листьев, без черешков, примерно, с одновозрастных деревьев, с внешней стороны нижней части кроны, по окружности на высоте 1,5-2 м от поверхности земли; масса одной пробы составляла 100 г сырого вещества. Затем листья помещали в крафт-пакеты, маркировали. Отобранные пробы сразу, без промывки, сушили при комнатной температуре в закрытом помещении с вентиляцией. После просушки пробы вручную измельчали и упаковывали [21].

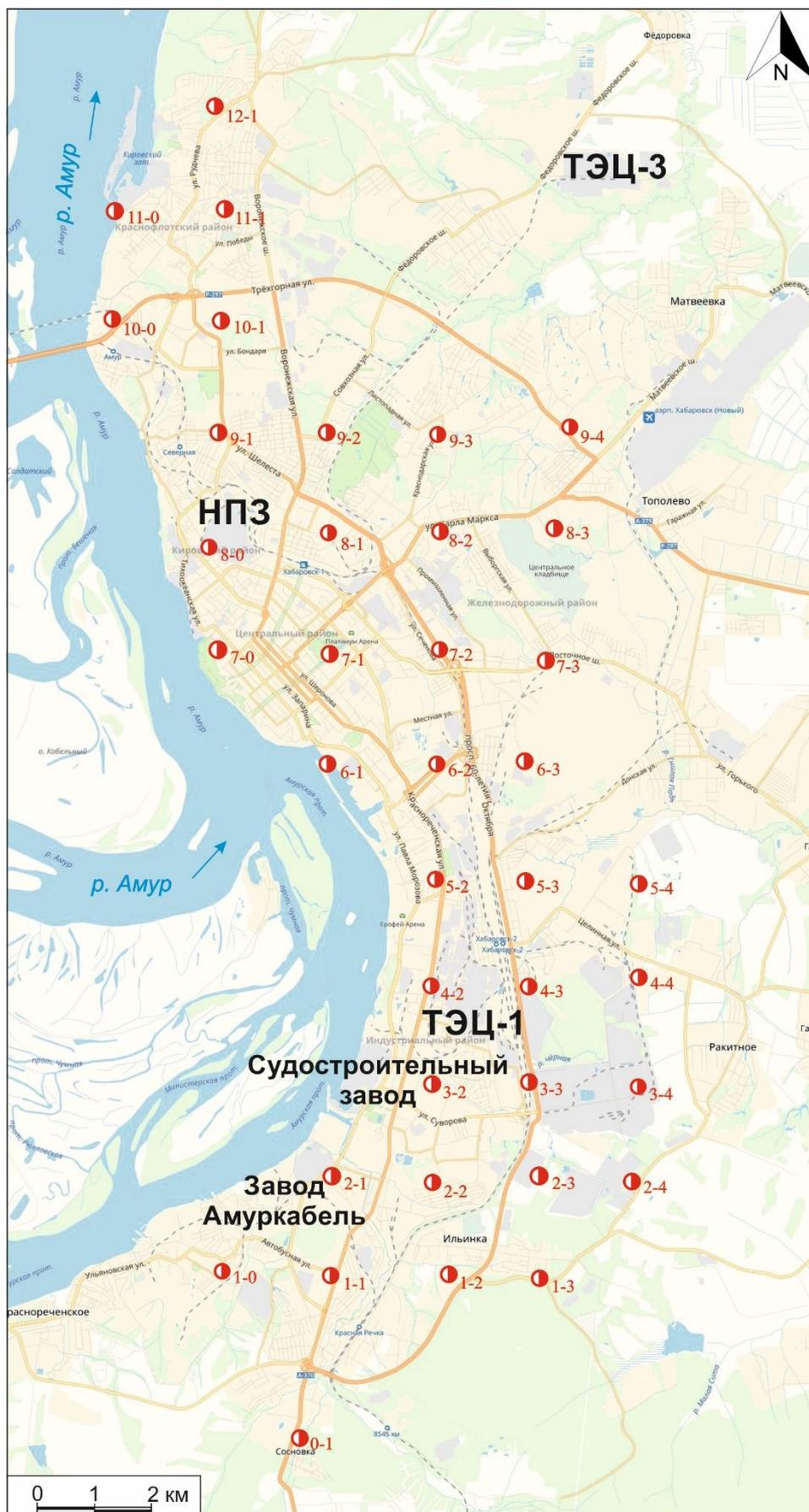


Рисунок 10 – Схема отбора проб листьев тополя в г. Хабаровск (13.08.2015)

● – места отбора проб

4.2 Аналитическое обеспечение исследований

Аналитическое обеспечение исследований элементного состава листьев тополя бальзамического включали инструментальный нейтронно-активационный анализ (определение валового состава 28 макро- и микроэлементов), атомно-абсорбционный анализ ртути и электронно-микроскопические исследования.

4.2.1 Инструментальный нейтронно-активационный анализ

С применением инструментального нейтронно-активационного анализа на исследовательском реакторе ИРТ-Т проведено изучение элементного состава листьев тополя бальзамического, отобранных на территории г. Хабаровска в 2015 году.

Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) является современным высокочувствительным видом анализа, эффективным для определения редких, редкоземельных и радиоактивных элементов с хорошими метрологическими параметрами

Метод ИНАА заключается в том, что стабильные изотопы элементов, при бомбардировке мощным потоком нейтронов, могут превращаться в радиоактивные, которые имеют специфическое по характеру и энергии излучение. [11]. Энергия, при выделении которой распадаются радиоактивные изотопы, является величиной постоянной. Следовательно, после облучения нейтронами, проба излучает γ -лучи с определенной энергией, это указывает на наличие в ней того или иного элемента. Анализ составляющих γ -излучение, которые различаются по энергии, осуществляется с помощью многоканальных гамма-анализаторов.

ИНАА позволяет проводить исследование материала без его разрушения, чем избегается трудоемкое и время затратное растворение и этапы химического разделения. Помехи от матричных или других элементов могут быть исключены или значительно нивелированы варьированием продолжительностями облучения и охлаждения.

В таблице 5 представлены нижние пределы определения содержания элементов в природных средах [55].

Таблица 5 – Нижние пределы обнаружения (ПО) содержания элементов в природных средах методом инструментального нейтронно-активационный анализа

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

ИНАА для определения валового состава 28 макро- и микроэлементов в образцах золы листьев тополя бальзамического проводился на исследовательском реакторе ИРТ-Т в ядерно-геохимической аккредитованной лаборатории (НСАМ ВИМС № 410 ЯФ) кафедры геоэкологии и геохимии НИ ТПУ (аналитики – инженер А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская).

Достоверность полученных результатов обеспечена удовлетворительным внутренним лабораторным контролем в количестве 5% от общего числа рядовых проб. Для контроля анализа использовали стандартный образец состава листа березы ЛБ-1 (ГСО 8923-2007). Результаты исследования стандартного образца представлены в таблице 6 [40].

Таблица 6 – Результаты определения содержания некоторых элементов в стандартном образце ЛБ-1 (лист березы), $n \cdot 10^{-4} \%$

ГСО	La	Ce	Nd	Eu	Sm	Tb	Yb	Lu	Sc	U	Th
ЛБ-1	0,82±	1,5±0	0,69±	0,026±	0,132±	0,022±	0,074±	0,011±	0,3±0	0,082±	0,22±
	0,09	,12	0,06	0,005	0,015	0,003	0,0070,	0,001	,04	0,012	0,03
	0,68±	1,49±	1,67±	0,023±	0,139±	0,020±	074±0,	0,010±	0,24±	0,080±	0,19±
	0,08	0,05	0,03	0,004	0,019	0,004	004	0,001	0,02	0,026	0,02

Примечание: ⁽¹⁾ – паспортные данные; ⁽²⁾ – результаты ИНАА;

Пробоподготовка для проведения ИНАА заключалась в следующих этапах (рисунок 11): сухую пробу весом 100-250г озоляли (помещали, в фарфоровых тиглях, на электроплиту при температуре 250°С и обугливали до черной золы, после прекращения выделения дыма пробу снимали); затем проба помещалась в муфельную печь при температуре 250°С и каждые 30 минут ее повышали на 50°С до 450°С и оставляли и пробу на 3 часа, согласно требованиям, ГОСТ 26929-94. [2]. Время озоления каждой партии проб, помещённых в муфельную печь, составляло 5 часов. Далее давали тиглям остыть до комнатной температуры. После озоления образцы взвешивались, упаковались в алюминиевую фольгу с массой 100 ± 1 мг и направлялись на ИНАА.



Рисунок 11 – Схема обработки и анализа проб растительности [54]

Результаты ИНАА оформляются в виде таблицы, в которой указаны номера проб и содержание химических элементов (в г/т): натрий (%), кальций

(%), скандий, хром, железо (%), кобальт, цинк, серебро, бром, рубидий, стронций, сурьма, цезий, барий, лантан, гафний, тантал, золото, церий, неодим, самарий, европий, тербий, иттербий, лютеций, торий, уран в листьях тополя бальзамического на территории г. Хабаровск.

4.2.2 Атомно-абсорбционный анализ ртути

Анализ содержания ртути в образцах сухой массы листьев тополя проводился на ртутном анализаторе «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+» методом атомной абсорбции (метод пиролиза) с нижним пределом обнаружения – 5 нг/г в международном научно-образовательном центре «Урановая геология» НИ ТПУ.

Для построения и контроля стабильности градуировочных характеристик измерения ртути использовали стандартные образцы состава листа березы ЛБ-1 (ГСО 8923-2007) [76]. После трехкратного повторения измерения стандартного образца не должно быть отклонений.

Измельченные высушенные листья тополя (0,5 г) помещали в дозатор, который, в свою очередь, помещали в атомизатор приставки, где происходит пиролиз и каталитическое разрушение соединений матрицы пробы. После атомизатора нагретый газовый поток поступает в подогреваемую оптическую кювету, где происходит измерение аналитического сигнала. Время измерения содержания ртути составило около двух минут.

Результаты проведенного анализа оформлены в виде таблицы, в которой указаны номера проб и содержания ртути в нг/г в листьях тополя бальзамического на территории г. Хабаровск.

4.2.3 Электронно-микроскопические исследования

Изучение минеральных форм элементов в пробе листа тополя проводилось в МИНОЦ «Урановая геология» при отделении геологии ТПУ на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi S-3400N.

Электронный сканирующий микроскоп Hitachi S-3400N – это аналитический прибор, который способен демонстрировать высокое разрешение в широком диапазоне ускоряющих напряжений и давлений остаточного вакуума в камере (режим VP-SEM). Микроскоп оснащен термоэмиссионным вольфрамовым катодом. Рабочая камера имеет 10 портов (фланцев) для подключения дополнительного оборудования. Данный электронный микроскоп позволяет исследовать образцы диаметром до 200 мм, его разрешение 3 нм (глубокий вакуум) и 4 нм (при 270 Па), возможность перемещения моторизованного столика образца по 5 осям, допустимый наклон образца от -20 до +90 градусов, возможное исследование образца до 80 мм высотой [46]. В растровом (сканирующем) электронном микроскопе проводится регистрация сигналов от поверхности образца. В основе РЭМ лежит сканирование поверхности образца электронным зондом и детектирование (распознавание) возникающего при этом широкого спектра излучений. Сигналами для получения изображения в РЭМ служат вторичные, отраженные и поглощённые электроны. Технические характеристики указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики

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)

Для анализа выбирался высушенный, более представительный лист, из него вырезался скальпелем квадрат, примерно 1x1 см и приклеивался на двусторонний углеродный скотч, который в свою очередь находился на

подставке для образца, далее подготовленная проба продувалась спринцовкой от плохо закрепленных частиц (рисунок 12). После этого проба отправлялась в камеру микроскопа для исследования.



Рисунок 12 – Пробоподготовка листа тополя к анализу на электронном микроскопе

4.2.4 Рентгеноспектральный микроанализ

С помощью энергодисперсионного спектрометра EDS (приставка Bruker XFlash 5010) определен элементный состав локальных участков поверхности листовой пластины. Рентгеноспектральный микроанализ позволяет обнаружить присутствие в объеме порядка $0,1-2 \text{ мкм}^3$ практически всех элементов периодической системы с нижним пределом обнаружения 1 % их массового содержания. С его помощью можно проводить количественный элементный анализ органических и неорганических соединений без разрушения исходного образца, а также для идентификации минеральных фаз и определения состава включений [9].

4.3 Методика обработки аналитической информации

4.3.1 Статистические методы обработки данных

Полученные численные данные о содержании химических элементов в пробах листьев тополя подвергались статистической и графической обработке с помощью программ: Microsoft Office Excel 2016, Origin 8.1, Statistica 7.0., Surfer, CorelDRAW.

В программе Origin 8.1 была построена роза ветров г. Хабаровск за летний период (июнь, июль, август) 2015 г.

Программное обеспечение Microsoft Office Excel 2016 позволило оформить в виде таблиц полученные концентрации, а также рассчитать коэффициент концентрации, аддитивные показатели.

Коэффициент концентрации определённого элемента рассчитывался относительно среднего геометрического и медианы [33]. Использовалась формула расчета (1):

$$K_k = \frac{C}{C_k}, \quad (1)$$

где C – содержание элемента в пробе, г/т;

C_k – среднее содержание элемента, г/т.

Для интегральной оценки соотношения концентраций элементов (1) в листьях рассчитаны аддитивные показатели концентрации элементов по формуле (2):

$$A_{gi} = \frac{\sum K_k(>1,0)}{n}, \quad (2)$$

где K_k – коэффициент концентрации элементов >1 ;

n – число таких элементов.

С помощью программного обеспечения Statistica 7 произведен расчет следующих числовых характеристик содержания элементов в листьях тополя: объем выборки, среднее арифметическое, среднее геометрическое, мода, медиана, максимальные и минимальные значения, стандартное отклонение, коэффициент вариации, асимметрия и эксцесс, проведен корреляционный и факторные анализы, а также построены диаграмма размаха, дендрограмма корреляционной матрицы.

4.3.2 Методика эколого-геохимической оценки территории

Для эколого-геохимической оценки территории рассчитан коэффициент биогеохимической трансформации Z_v (3), предложенный сотрудниками кафедры геохимии ландшафтов и географии почв МГУ имени М. В. Ломоносова:

$$Zv = \sum_1^{n_1} k_c + \sum_1^{n_2} k_p - (n_1 + n_2 - 1), \quad (3)$$

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.

Оценка полученных коэффициентов осуществлялась согласно градации, представленной в работе [38]:

- <15 – низкая степень биогеохимической трансформации растений;
- 15-20 – средняя степень биогеохимической трансформации растений;
- 20-25 – степень биогеохимической трансформации растений выше среднего;
- 25 – степень биогеохимической трансформации растений вдвое выше среднего.

Для графического отображения ореолов распределения элементов строились карты. Построение и оформление карт пространственного распределения элементов производилось с помощью программ Surfer 12 и Corel DRAW 16.

5 СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. ХАБАРОВСКА

5.1 Общая биогеохимическая характеристика территории

По результатам инструментального нейтронно-активационного анализа рассчитаны статистические параметры для валового содержания химических элементов в золе листьев тополя бальзамического (таблица 8).

Таблица 8 – Статистические параметры содержания элементов (в мг/кг) в золе листьев тополя на территории г. Хабаровска (объем выборки – 38 проб)

	$X \pm \lambda$	M	X геом.	S	Эксцесс	Асимметрия	Min	Max	V
Na	988±81,7	893	893	517	3,06	1,68	361	2640	52
Ca	133118± 3095	134255	131986	19578	-0,24	-0,59	87038	166755	15
Sc	0,53±0,06	0,42	0,42	0,3	2,58	1,59	0,05	1,77	73
Cr	2,08±0,47	0,35	0,89	2,96	8,00	2,54	0,09	14,7	142
Fe	1627±138	1462	1421	871	-0,38	0,69	331	3658	54
Co	11,1±0,95	9,85	9,73	5,99	6,15	1,9	3,82	35,8	54
Zn	2211±215	2050	1982	1362	22,9	4,25	1089	9609	62
As	0,69±0,07	0,62	0,56	0,43	-0,79	0,51	0,18	1,66	62
Br	22,9±3,36	14,9	16,1	21,3	1,83	1,61	4,54	85,2	93
Rb	88,2±9,64	65,5	72,8	60,9	3,91	1,88	26,9	308	69
Sr	1092±29,3	1052	1085	185	0,27	0,83	806	1590	17
Ag	0,15±0,002	0,15	0,15	0,01	40	-6,32	0,06	0,15	10
Sb	0,36±0,08	0,24	0,18	0,5	18,6	3,82	0,01	2,95	137
Cs	0,61±0,05	0,51	0,53	0,34	1,01	1,13	0,11	1,64	56
Ba	333±24,6	296	312	155	9,74	2,67	154	1024	47
La	5,79±0,75	4,24	4,35	4,75	3,79	1,81	0,95	23,3	82
Ce	8,46±1,09	5,81	6,48	6,86	2,29	1,64	1,64	30,7	81
Nd	4,11±0,57	3,66	2,34	3,61	0,78	1,04	0,45	14,9	88
Sm	1,11±0,18	0,80	0,76	1,16	12,0	3,03	0,16	6,51	104
Eu	0,17±0,03	0,10	0,11	0,17	6,32	2,23	0,01	0,86	101
Tb	0,10±0,02	0,06	0,05	0,11	5,45	2,07	0,01	0,51	107
Yb	0,23±0,03	0,15	0,17	0,18	1,47	1,39	0,03	0,78	79
Lu	0,03±0,001	0,03	0,03	0,03	3,39	1,56	0,001	0,13	75
Hf	0,24±0,03	0,26	0,18	0,18	3,47	1,29	0,03	0,90	72
Ta	0,04±0,01	0,01	0,01	0,05	3,93	1,93	0,01	0,24	144
Au	0,01±0,0001	0,01	0,01	0,01	2,48	1,64	0,001	0,03	85
Th	0,76±0,08	0,69	0,61	0,50	0,24	0,94	0,10	2,03	67
U	0,51±0,06	0,47	0,32	0,39	-1,03	0,35	0,04	1,32	76

Примечание: $X \pm \lambda$ – среднее арифметическое \pm ошибка среднего, X геом – среднее геометрическое, M – медиана, S – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации

Величина валового содержания Ca, Sr, Ag, Ba имеет коэффициент вариации менее 50%, поэтому соответствуют однородной выборке. У Na, Fe, Co, Zn, As, Rb, Cs, Th коэффициент вариации составляет от 50% до 70%, что относится к недифференцированной выборке. Sc, Br, Hf, La, Ce, Nd, Yb, Lu, Au, U имеют коэффициент вариации в пределах 70-100%, что соответствует сильно неоднородной выборке. Cr, Sb, Sm, Eu, Tb, Ta имеют коэффициент вариации более 100%, выборка крайне неоднородная.

В целом описательный статистический анализ валового содержания химических элементов свидетельствует о том, что распределение содержания элементов на территории г. Хабаровск неравномерное, находятся участки с аномальным их содержанием, в первую очередь, Ta, Cr, Sb, Tb.

Для наглядности представлена диаграмма размаха медианы и разброса минимума и максимума содержания элементов в листьях тополя отображена на рисунке 13.

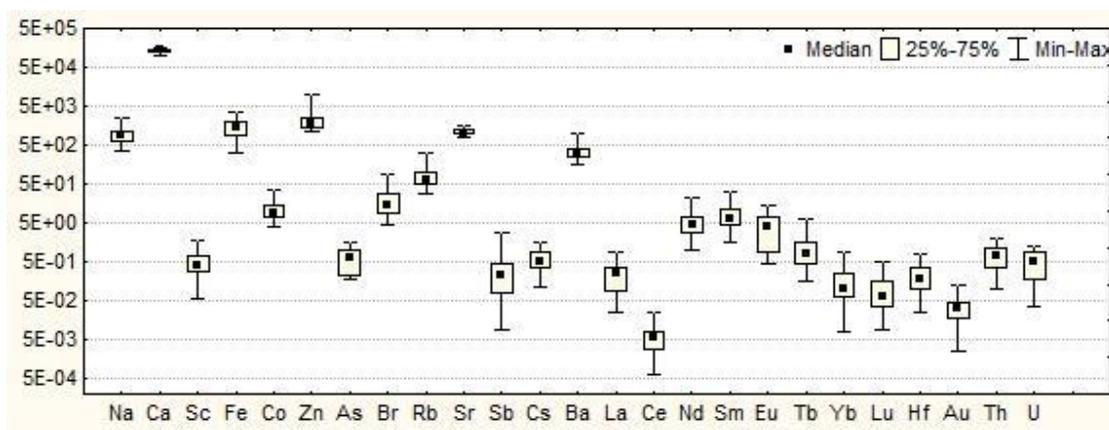


Рисунок 13 – Диаграмма размаха содержания химических элементов в мг/кг в золе листьев тополя г. Хабаровск

На основе полученных статистических данных рассчитаны коэффициенты концентраций относительно среднего содержания элементов в золе листьев тополя урбанизированных территорий [53] и после этого составлены геохимические ряды (таблица 9).

Таблица 9 – Геохимический ряд элементов в золе листьев тополя на территории г. Хабаровск

Sm 3,8	Ce 2,8	Eu 2,8	La 2,6	Lu 2,5	Cs 2,1	Rb 2,1	Ba 2,1	Th 2,0	Yb 1,9	Tb 1,9	Zn 1,8	Nd 1,3
Hf 1,2	U 1,1	Co 1,1	Ca 1,1	Sr 1,0	Sc 0,8	Fe 0,7	As 0,6	Au 0,5	Na 0,4	Sb 0,4	Br 0,3	Cr 0,1

Ранжирование коэффициентов концентраций, показало, что в листьях тополя г. Хабаровск в большей степени накапливаются редкоземельные элементы, также выделяются элементы: Cs, Rb, Bs, Th, Zn.

Для проверки распределения химических элементов на принадлежность к нормальному закону распределения, были использованы тесты: показатели асимметрии и эксцесс, Хи квадрат и тест Колмогорова – Смирнова [25]. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Проверка гипотезы о законе нормального распределения содержания химических элементов в пробах золы листьев тополя, г. Хабаровск

Элемент	A(t ₁)	E(t ₂)	Хи-квадрат	Колмогоров-Смирнов	Заключение
Na	4,33	0,59	нет	да	нет
Ca	-1,52	-0,05	да	да	да
Sc	4,12	0,50	нет	нет	нет
Cr	6,57	1,55	нет	нет	нет
Fe	1,78	-0,07	да	да	да
Co	4,91	1,19	да	да	да
Zn	11,0	4,43	нет	нет	да
As	1,30	-0,15	нет	да	да
Br	4,16	0,35	нет	нет	нет
Rb	4,86	0,76	нет	да	нет
Sr	2,14	0,05	да	нет	да
Sb	9,85	3,60	нет	нет	нет
Cs	2,92	0,20	нет	нет	нет
Ba	6,94	1,89	нет	да	нет
Hf	3,32	0,67	да	да	да
Au	4,23	0,48	нет	да	нет
La	4,68	0,73	нет	да	нет
Ce	4,24	0,44	нет	нет	нет
Nd	2,68	0,15	да	да	да
Sm	7,82	2,32	нет	да	нет
Eu	5,77	1,22	нет	да	нет
Tb	5,35	1,06	нет	да	нет
Yb	3,59	0,28	нет	да	нет
Lu	4,04	0,66	да	да	да

Th	2,43	0,05	нет	да	да
U	0,90	-0,20	да	да	да

Если результат уровня значимости, входит в интервал, соответствующий не значимой или слабо значимой степени, то в таком случае признавалось, что данная выборка соответствует гипотезе о нормальном распределении. Если полученное значение уровня значимости, соответствовало степени значимости: статистически значимые, сильно значимые, высоко значимые, то элемент не соответствует нормальному закону распределения.

Нормальному закону распределения соответствуют следующие элементы: Ca, Fe, Co, Zn, As, Sr, Hf, Nd, Lu, Th, U. Остальные элементы – не соответствуют.

Для выявления связи между элементами-индикаторами в природных и техногенных средах и оценки их пространственного положения был использован корреляционный анализ. Анализ производили при помощи рангового коэффициента корреляции Спирмена R, который характеризует связь для распределений, существенно отличающихся от нормальных. Далее на основе полученной корреляционной матрицы, методом искусственного повышения критического значения до 0,4, были выявлены наиболее существенные связи, которые представлены в виде граф ассоциаций на рисунке 14.

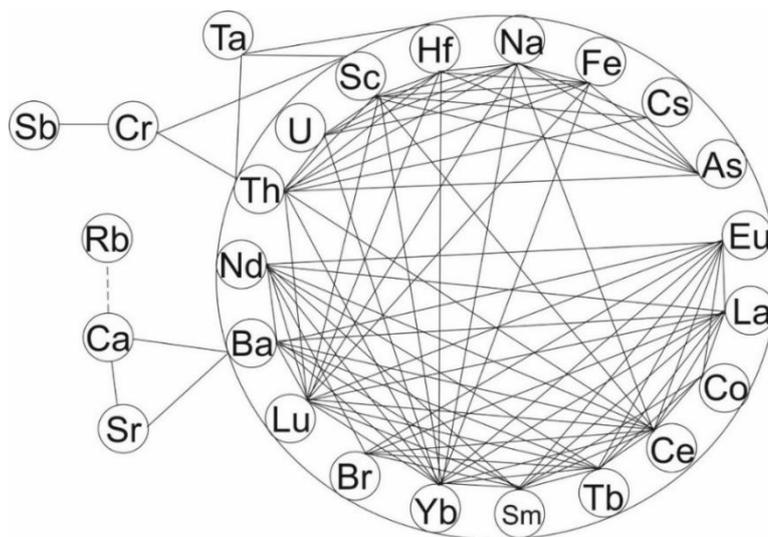


Рисунок 14 – Графы ассоциации химических элементов в золе листьев тополя на территории г. Хабаровск. *Примечание: сплошная линия – положительная связь, пунктир – обратная*

Хорошо выделяются две группы элементов, представленные верхней частью ассоциации и нижней частью, нижняя часть преимущественно относится к редкоземельным элементам. На диаграмме отчетливо видны группы элементов, обособленные от остальных: Ca, Sr и Ba; Sb, Cr и Th. Присутствует и обратная корреляционная связь между Rb и Ca.

Для того, чтобы объединить большое количество элементов в группы по наивысшим значениям коэффициентов ранговой корреляции, использовался кластерный анализ.

С помощью метода Варда была построена дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в золе листьев тополя представленная на рисунке 15.

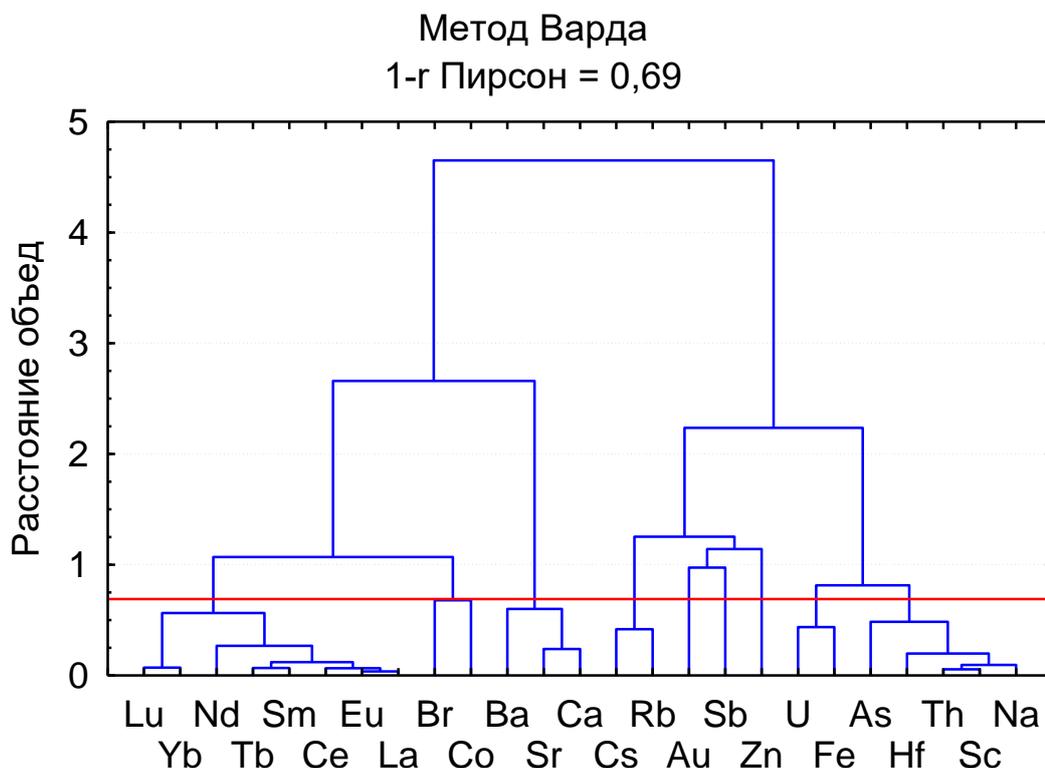


Рисунок 15 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в пробах листьев тополя на территории г. Хабаровска.

Примечание: Красной линией отмечен критический уровень

Наиболее сильные корреляционные связи на дендрограмме установлены для микроэлементов: Lu, Yb, Nd, Tb, Sm, Ce, Eu, La и для второй группы элементов: As, Hf, Th, Sc, Na, а также ассоциации Ca-Sr-Ba, Rb-Cs, Fe-U.

По результату анализа дендрограммы построены матрицы гистограмм и диаграмм рассеяния с прямой линейной регрессии для ассоциации элементов Lu, Yb, Nd, Tb, Sm, Ce, Eu, La (рисунок 16) и вторая для элементов As, Hf, Th, Sc, Na (рисунок 17), такие гистограммы наглядно показывают сильные корреляционные связи.

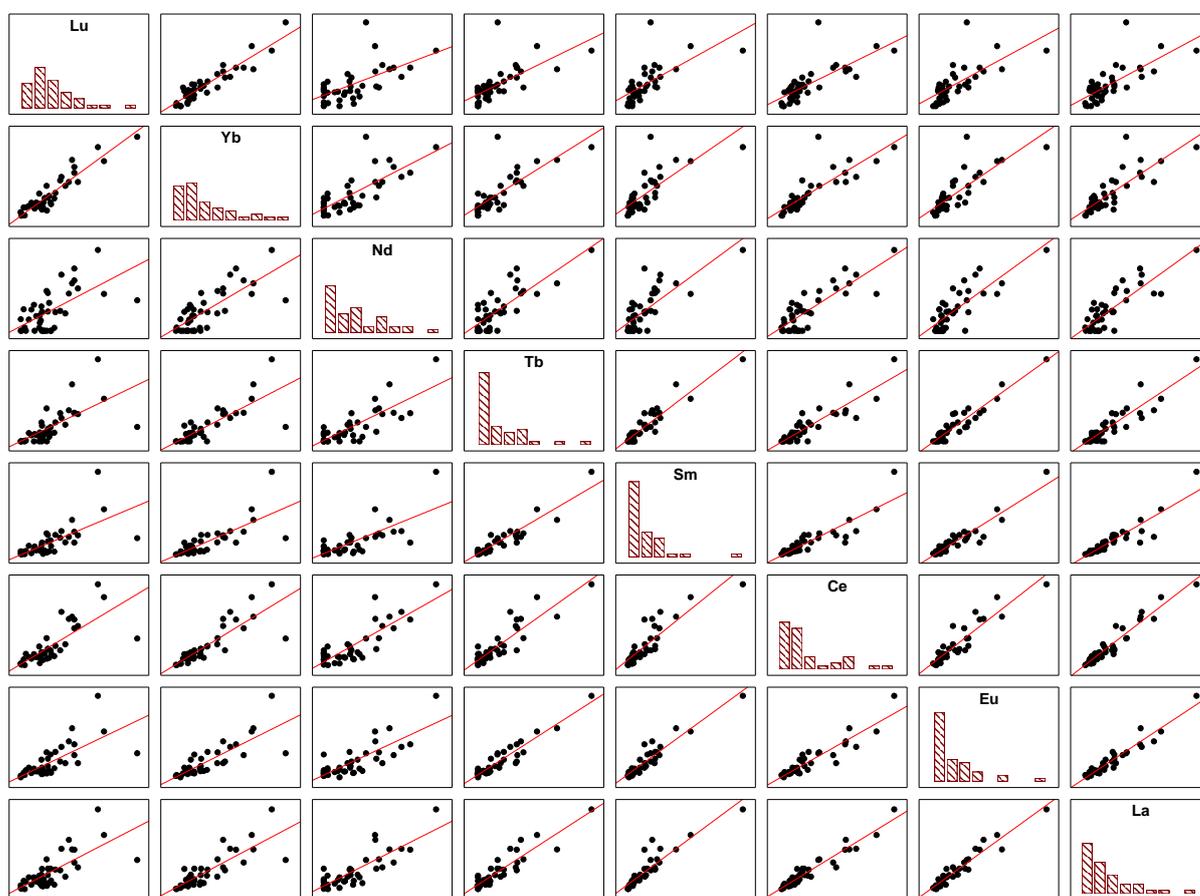


Рисунок 16 – Матрица гистограмм и диаграмм рассеяния с прямой линейной регрессии для ассоциации элементов Lu, Yb, Nd, Tb, Sm, Ce, Eu, La в золе листьев тополя на территории г. Хабаровск

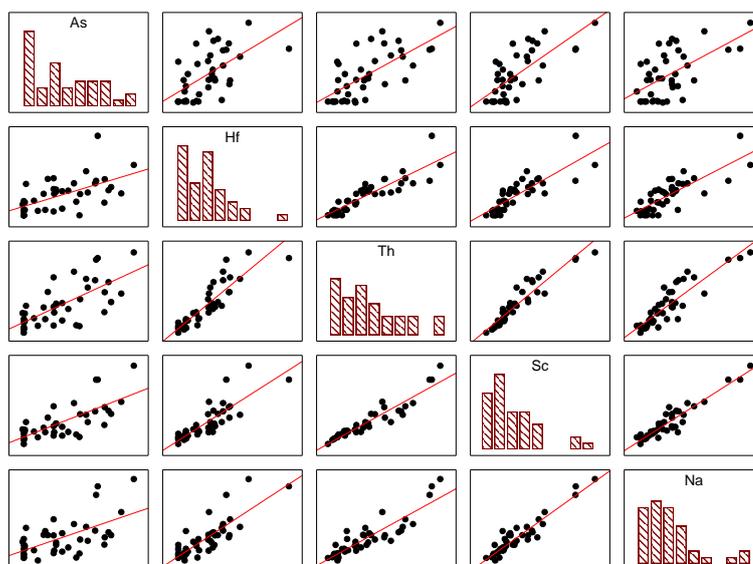


Рисунок 17 – Матрица гистограмм и диаграмм рассеяния с прямой линейной регрессии для ассоциации элементов As, Hf, Th, Sc, Na в золе листьев тополя на территории г. Хабаровск

С помощью факторного анализа выявили силу факторов и их количество, оказывающих влияние на дисперсию содержания элементов. В результате анализа, на распределение химических элементов по территории города оказывают влияние 4 фактора (таблица 11, рисунок 18).

Таблица 11 – Значения вращаемых факторных нагрузок в выбранной 4-х факторной модели

Элемент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Na	0,15	0,89	-0,24	-0,01
Ca	-0,04	-0,05	0,79	-0,31
Sc	0,15	0,94	-0,15	0,003
Fe	0,15	0,76	0,25	0,01
Co	0,43	0,07	0,06	0,52
Zn	-0,12	-0,27	0,21	0,44
As	-0,12	0,79	-0,09	0,05
Br	0,57	0,004	-0,21	0,05
Rb	-0,06	0,11	-0,35	0,79
Sr	0,11	-0,20	0,84	-0,13
Sb	-0,06	0,27	-0,44	-0,39
Cs	0,03	0,60	-0,36	0,58
Ba	0,45	-0,03	0,65	0,09

Дискриминантный анализ проводился с учетом разделения на районы города. Этот анализ наиболее ярко отражает черты многомерного анализа в классификации. Его цель – классифицировать измеренные признаки, параметры объекта исследования некоторым оптимальным способом (рисунок 19).

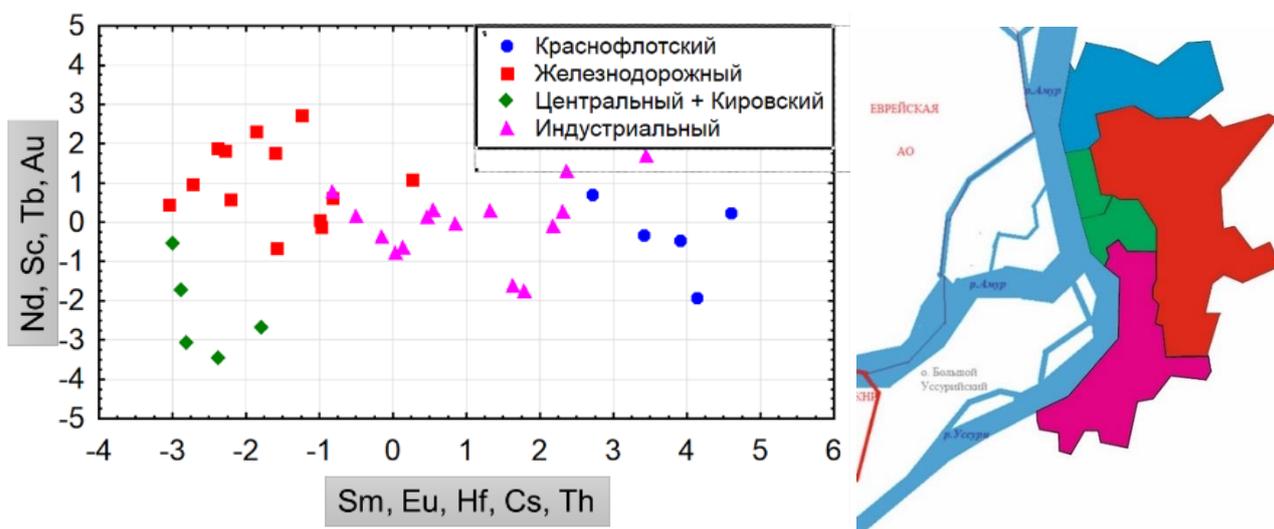


Рисунок 19 – Дискриминантный анализ элементного состава листьев тополя на территории г. Хабаровск

Дискриминантный анализ показал, что выделяются два района – индустриальный (юг города) и краснофлотский (север города). На такое распределение значений повлияли элементы первого канонического корня Sm, Eu, Hf, Cs, Th и элементы второго Nd, Sc, Tb, Au.

В каждом виде статистического анализа выделяется группа редкоземельных элементов. Это говорит о характеристической особенности г. Хабаровска. На основе этого вывода были построены карты-схемы пространственного распределения суммы легких и тяжелых РЗЭ (рисунок 20).

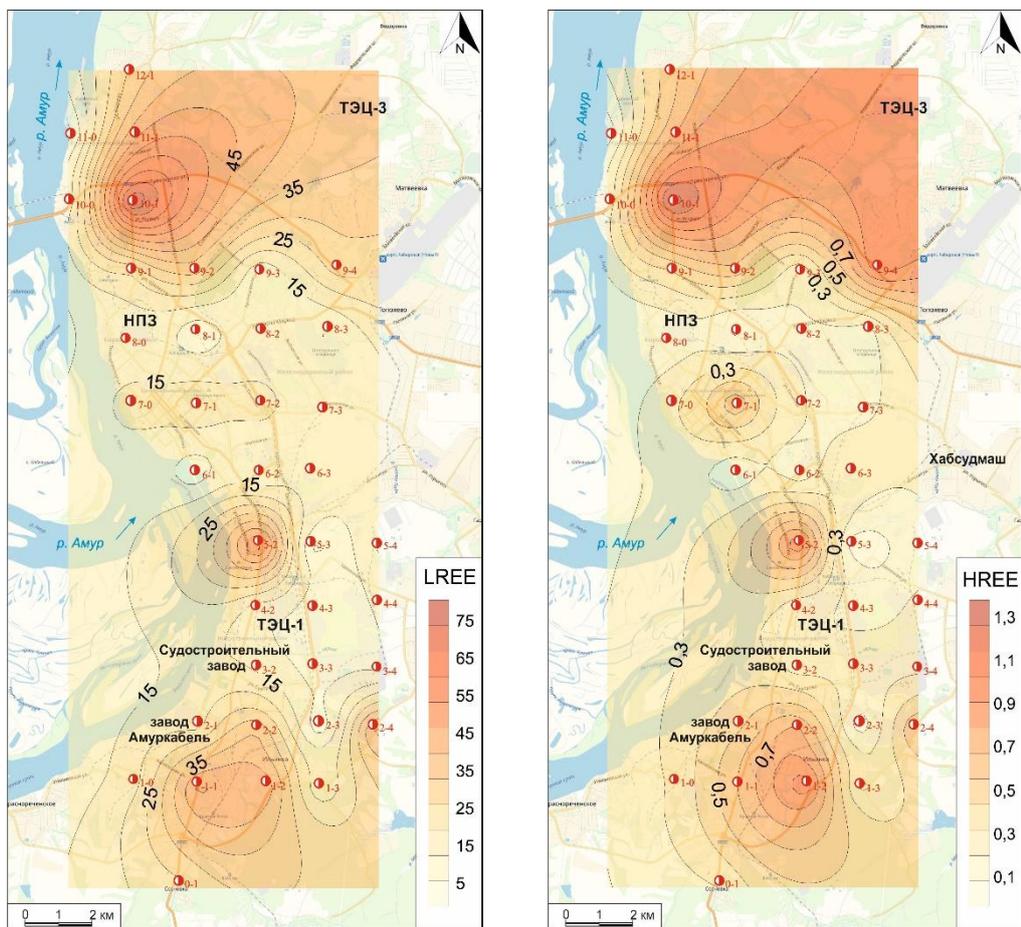


Рисунок 20 – Распределение суммы легких (слева) и тяжелых (справа) редкоземельных элементов (в мг/кг) в золе листьев тополя на территории г. Хабаровск

Области максимальных концентраций РЗЭ расположены в северо-западной и южной частях города. На картах видно, что ореолы содержания тяжелых редкоземельных элементов более контрастные, чем ореолы легких.

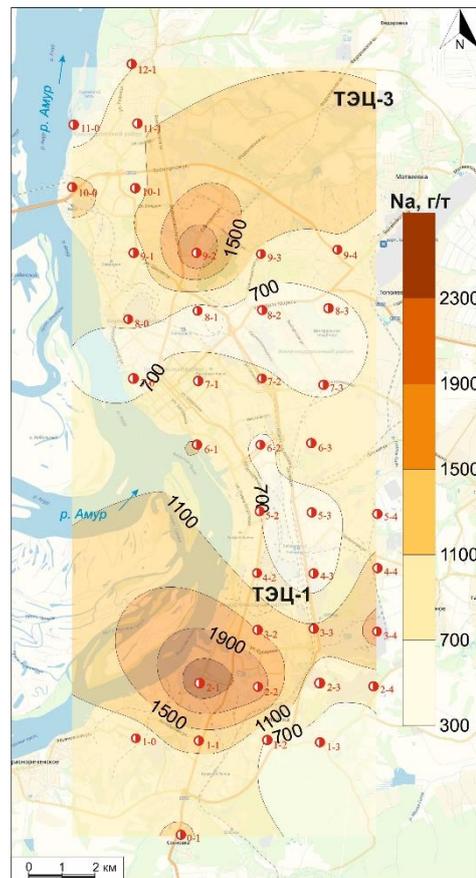
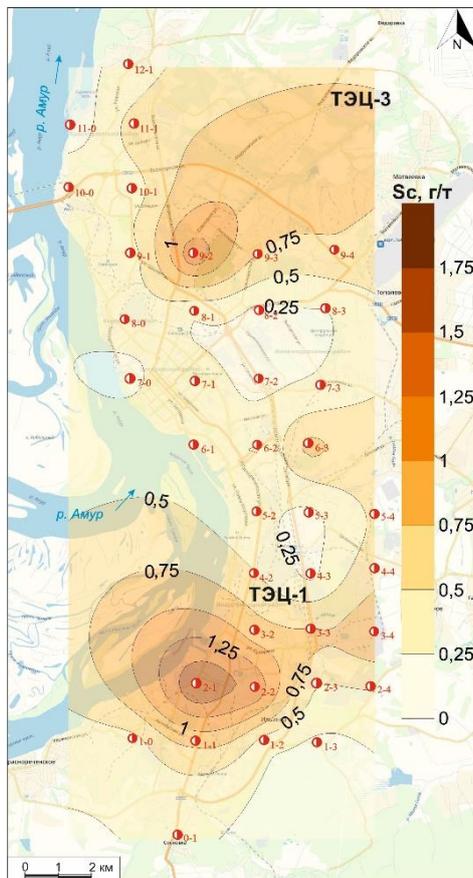
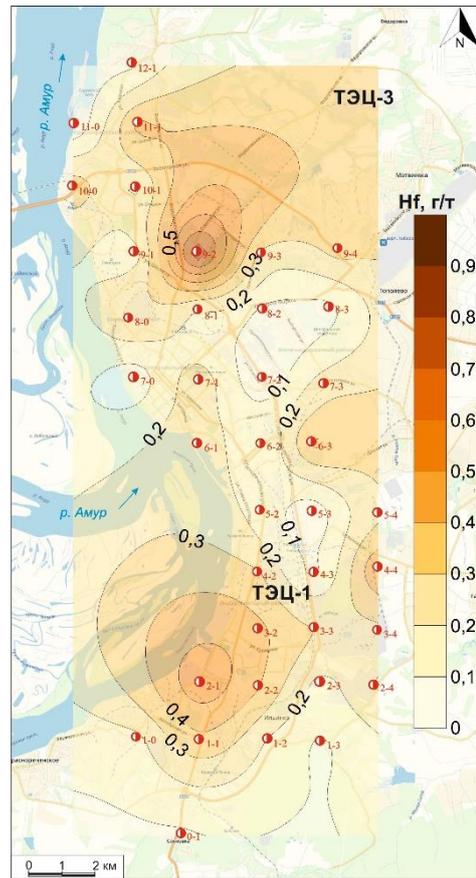
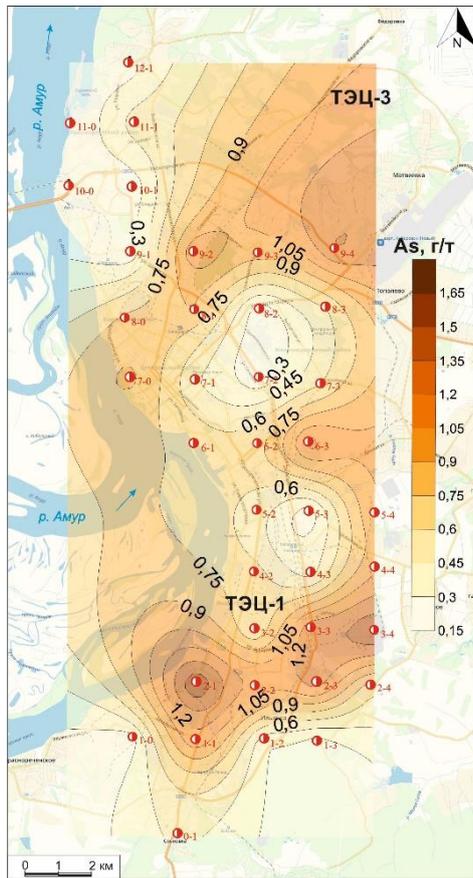
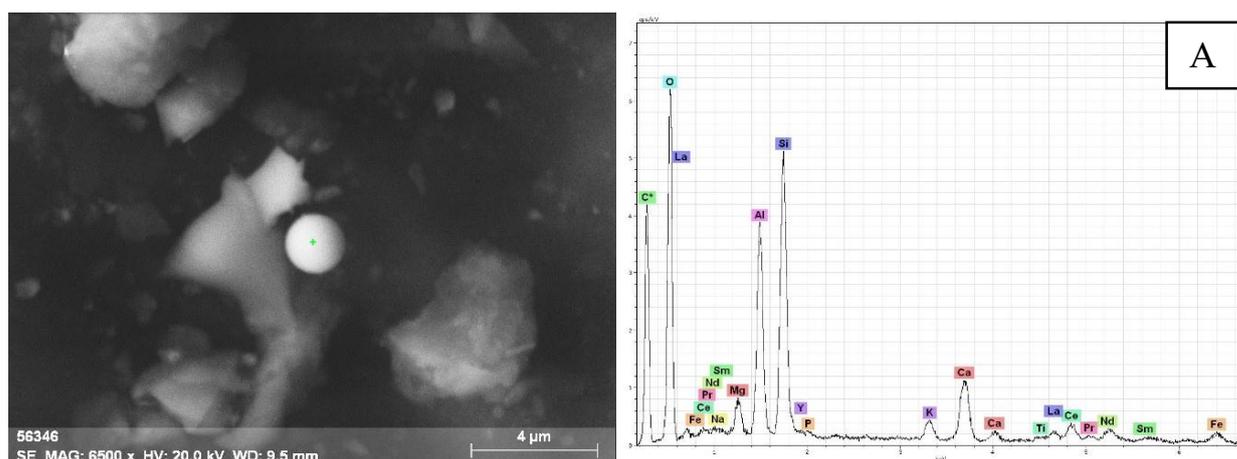


Рисунок 21 – Распределение As, Hf, Sc и Na в золе листьев тополя на территории г. Хабаровска

На ряду с РЗЭ в статистических анализах выделяется группа As, Hf, Sc, Na (рисунок 21) и Th (рисунок 22). Ореолы распределений этих элементов идентичные друг с другом и с ореолами РЗЭ, это говорит об одинаковом их генезисе. Высокие концентрации элементов с большой долей вероятности имеют техногенное происхождение, т.к. территории с повышенными содержаниями находятся в зоне влияния ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, согласуется с летней розой ветров. Кроме того, в пределах Хабаровска в золоотвалах хранится более 16 млн. тонн золы, они подвержены выветриванию и осушению и при скорости ветра 3 м/сек. и более начинают пылить. Накопление и распределение редкоземельных элементов в листьях тополя обусловлено влиянием преобладающего северо-восточного переноса воздушных масс со стороны золоотвалов теплоэлектростанций. Ранее данная особенность территории города в накоплении поллютантов в почвах в зоне влияния хабаровских ТЭЦ отмечалась в работе А.А. Черенцовой [48].

По данным электронной микроскопии на поверхности листьев тополя установлено значительное количество микроминеральных фаз РЗЭ, по своей морфологии они схожи с техногенными частицами золы уноса (рисунок 22, 23).



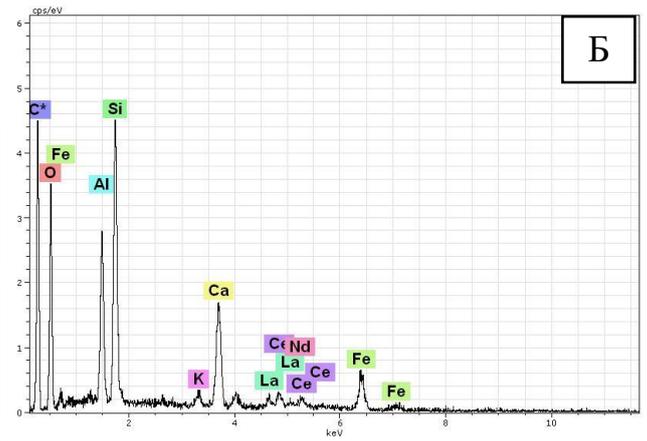
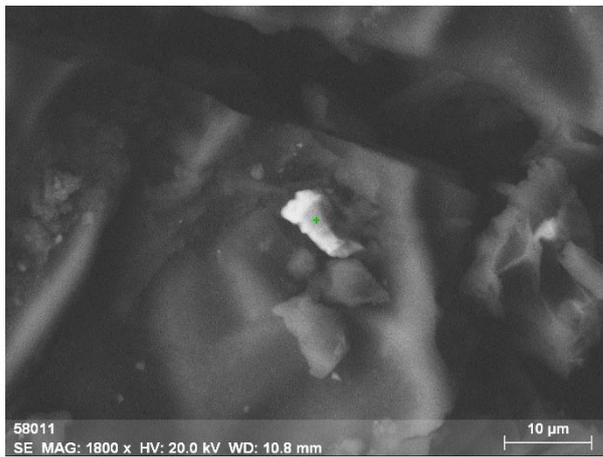


Рисунок 22 – Элементный состав частиц силиката редких земель, найденных в пробах ХБ-5/2 (А), ХБ-10/1(Б)

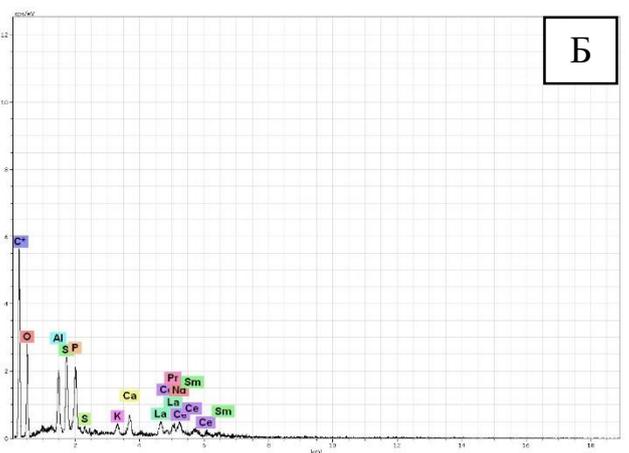
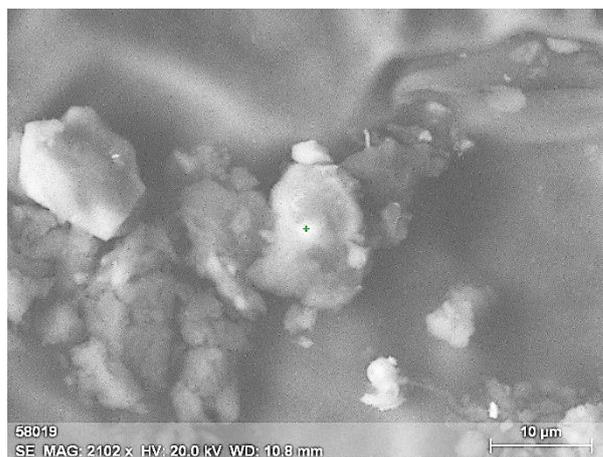
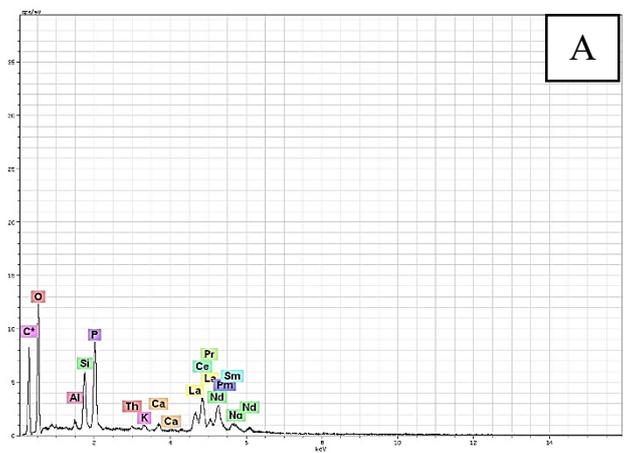
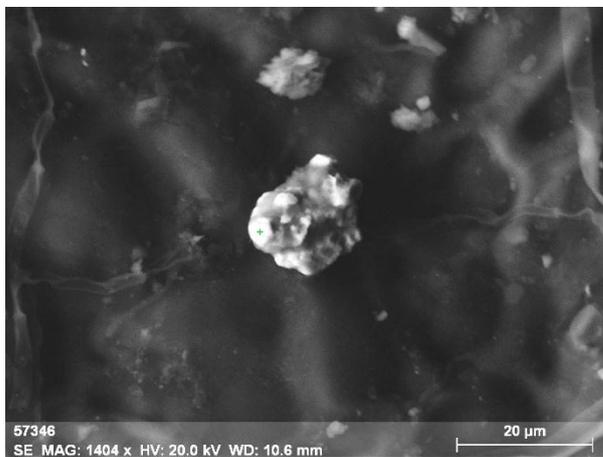


Рисунок 23 – Элементный состав частиц фосфата редких земель, найденных в пробах ХБ-9/4 (А), ХБ-10/1(Б)

Торий и уран на территории г. Хабаровска имеют схожий характер распределения. Выделяются конформные их ореолы повышенных содержаний на юге и севере города (рисунок 24).

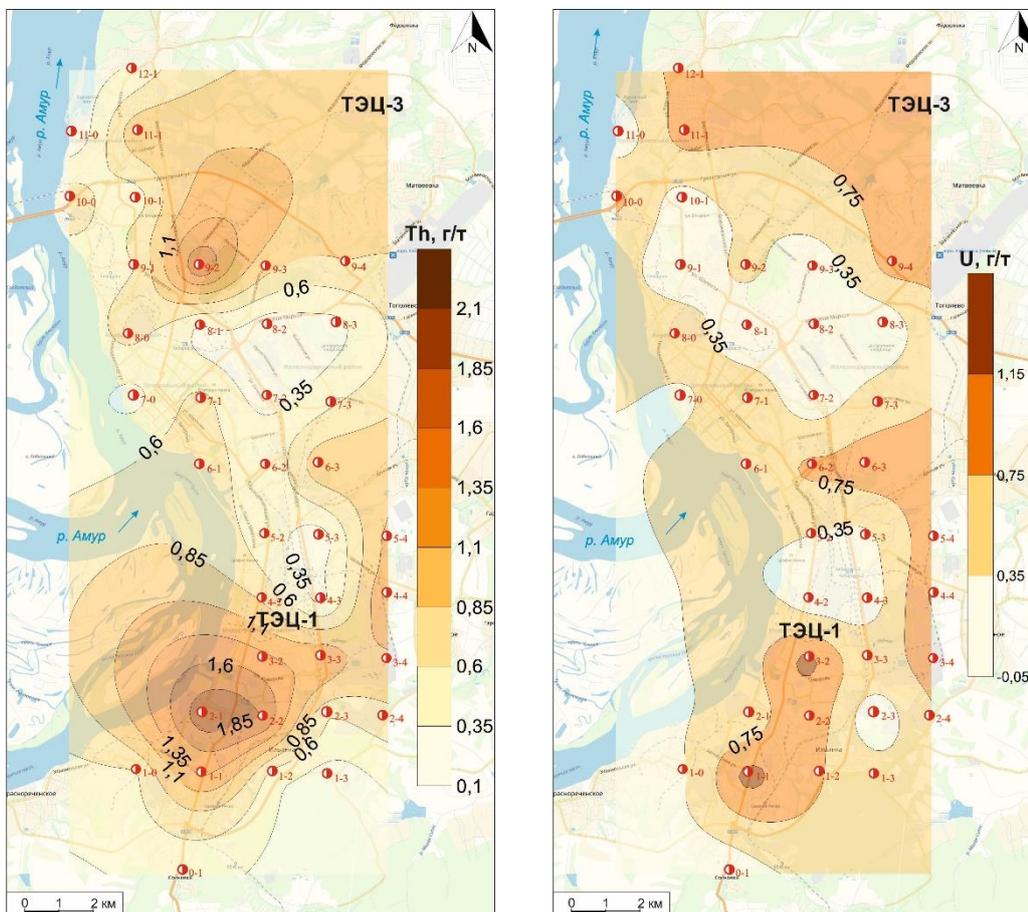


Рисунок 24 – Распределение Th и U в золе листьев тополя на территории г. Хабаровска

Рассчитан показатель Th/U отношения. Он является индикаторным для выявления техногенных и природных аномалий. По значениям этого показателя в золе листьев выделяются точки с ториевой ($Th/U > 2,5$), смешанной ($Th/U 1-2,5$) и урановой ($Th/U < 1$) природой накопления. На территории г. Хабаровск преобладает смешанная природа накопления радиоактивных элементов. Это говорит о том, что радионуклиды имеют как техногенный, так и природный источник накопления.

В Хабаровске вклад топливной промышленности составляет 51,8% выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников. Техногенными источниками эмиссии урана и тория в окружающую среду являются выбросы теплоэлектростанций ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, вырабатывающие электроэнергию из углей местных бассейнов. Методом электронной микроскопии на поверхности листьев тополя в пробе 9/4 обнаружена частица фосфата редких земель с Th (рисунок 25). По морфологии она похожа на техногенную частицу золы уноса. Нельзя исключать и влияния природного фактора на распределение радиоактивных элементов, а именно геологического строения территории г. Хабаровска, сложенной вулканогенно-осадочными породами.

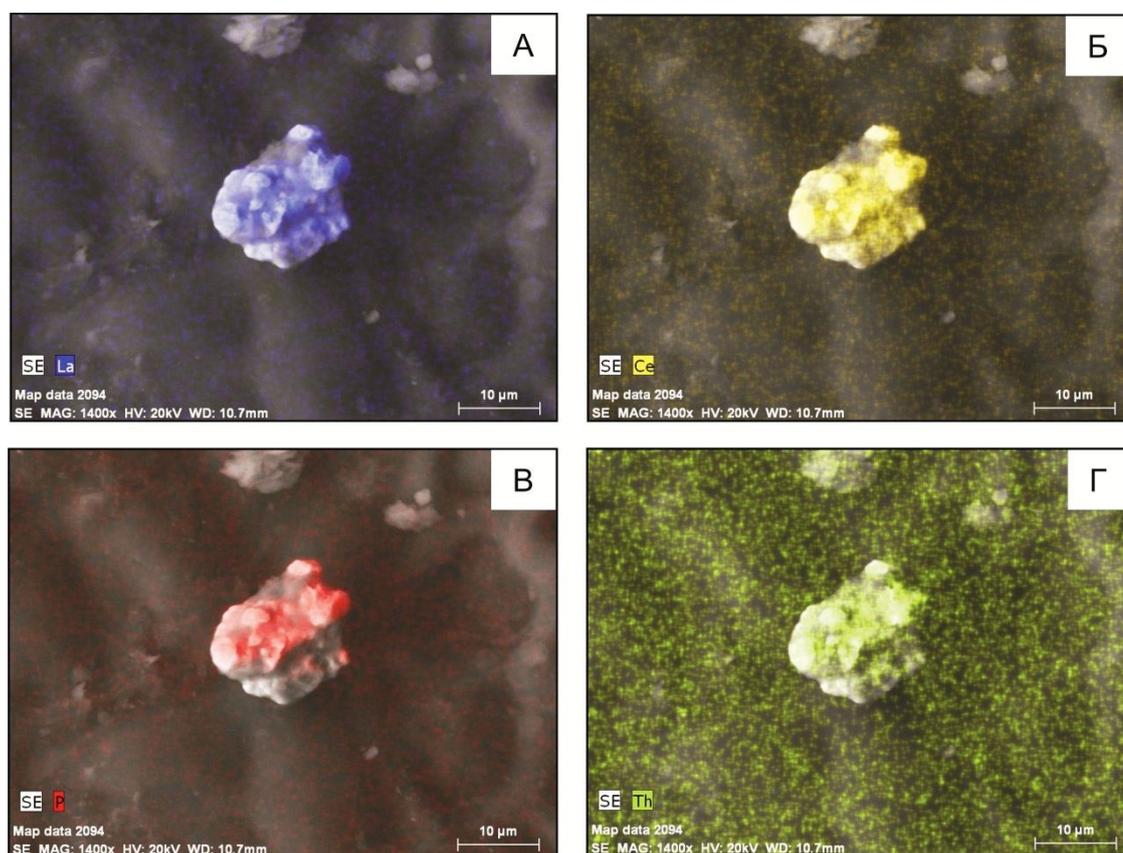


Рисунок 25 – Распределение La (А), Се (Б), Р (В), Th (Г) в микрочастице фосфата редких земель, найденной в пробе Хб-9/4

5.2 Биогеохимические ореолы ртути

Результаты атомно-абсорбционного анализа ртути в 38 пробах сухого вещества листьев тополя представлены в виде таблицы статистических параметров (таблица 12).

Таблица 12 – Статистические параметры распределения ртути в листьях тополя на территории г. Хабаровска, нг/г

Среднее ± стандартная ошибка	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
21,3	20,6	11,1	33,2	5,3	25

По значению коэффициента вариации ртути (25%) в листьях тополя определяется однородная выборка. Среднее содержание ртути в пробах листьев тополя, отобранных в г. Хабаровске, составляет 21,3 нг/г, что практически совпадает с медианой и свидетельствует об отсутствии явных аномальных концентраций и значительном разбросе значений. Рассчитанное среднее значение ртути ниже среднего содержания ртути в листьях тополя в городах Сибири и Дальнего Востока – 25 нг/г [44]. Но существенно выше среднего содержания ртути в сухой фитомассе континентов [15], которое составляет 0,012 мг/кг (12 нг/г).

По данным содержания ртути в листьях тополя построена карта, показывающая пространственное распределение элемента в пределах города (рисунок 26).

Максимальное содержание ртути – 33,2 и 32,5 нг/г установлены в двух точках города 7/0 и 5/3 соответственно. Точка 7/0 расположена в Центральном районе рядом с набережной р. Амур. Точки 5/2, 5/3 и 5/4 находится в Железнодорожном районе на территории с высокой антропогенной нагрузкой, вблизи находятся аэродромы, ж/д вокзал, ТЭЦ-1, что объясняет повышенные концентрации ртути в листьях тополя в этом районе.

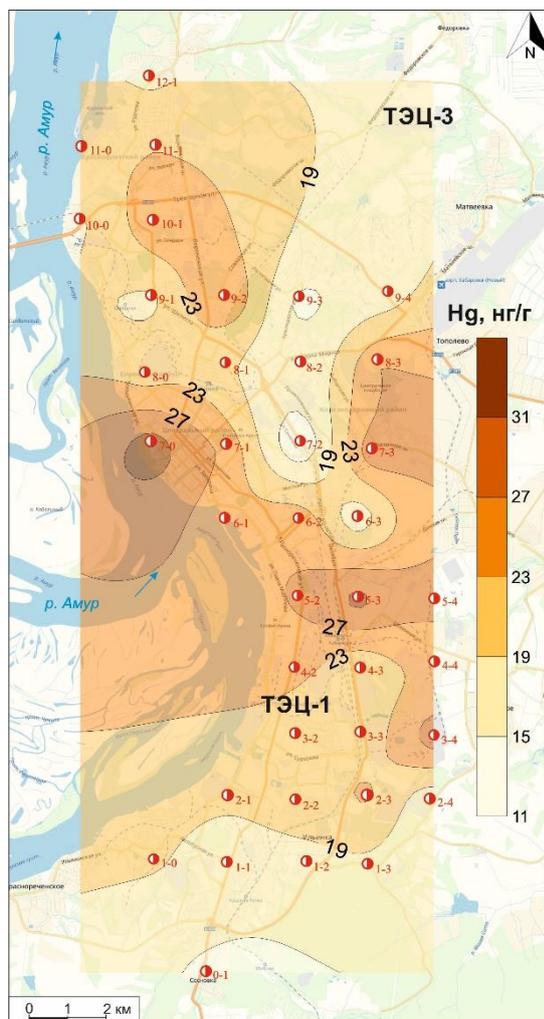


Рисунок 26 – Распределение ртути на территории г. Хабаровск по данным опробования сухой массы листьев тополя

Таким образом, по данным опробования листьев тополя установлен уровень содержания и характер распределения ртути на территории г. Хабаровска. Содержание ртути не превышает среднее содержание в городах Сибири и Дальнего Востока. Предполагаемыми локальными источниками эмиссии ртути являются: аэродром, железнодорожная дорога, ТЭЦ-1.

6 ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ Г. ХАБАРОВСКА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ

6.1 Расчет аддитивных показателей

Для выделения экологически неблагоприятных зон города проведена интегральная оценка концентраций химических элементов в листьях тополя на территории г. Хабаровска. Для этого был использован аддитивный подход. Изначально для каждой точки были рассчитаны коэффициенты концентрации относительно медиан химических элементов в золе листьев тополя урбанизированных территорий по каждому из элементов. Далее для каждой из точек коэффициенты концентрации >1 суммировались и делились на количество элементов. Результаты расчета представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Значения аддитивных показателей элементов в листьях тополя, г. Хабаровск

№ пробы	Agi	№ пробы	Agi	№ пробы	Agi
Хб-0/1	2,0	Хб-4/3	1,4	Хб-8/1	1,8
Хб-1/0	1,6	Хб-4/4	1,4	Хб-8/2	1,1
Хб-1/1	2,3	Хб-5/2	3,3	Хб-8/3	1,6
Хб-1/2	2,7	Хб-5/3	1,7	Хб-9/1	2,0
Хб-1/3	1,7	Хб-5/4	1,2	Хб-9/2	3,3
Хб-2/1	4,5	Хб-6/1	1,4	Хб-9/3	2,2
Хб-2/2	2,9	Хб-6/2	1,4	Хб-9/4	2,1
Хб-2/3	3,3	Хб-6/3	1,3	Хб-10/0	2,1
Хб-2/4	2,0	Хб-7/0	1,5	Хб-10/1	4,0
Хб-3/2	1,7	Хб-7/1	1,4	Хб-11/0	1,8
Хб-3/3	2,2	Хб-7/2	1,9	Хб-11/1	0,0
Хб-3/4	1,7	Хб-7/3	1,5	Хб-12/1	1,8
Хб-4/2	2,4	Хб-8/0	1,1		

На основе рассчитанных значений построена карта изолиний, отражающая пространственное распределение значений аддитивных показателей (рисунок 27).

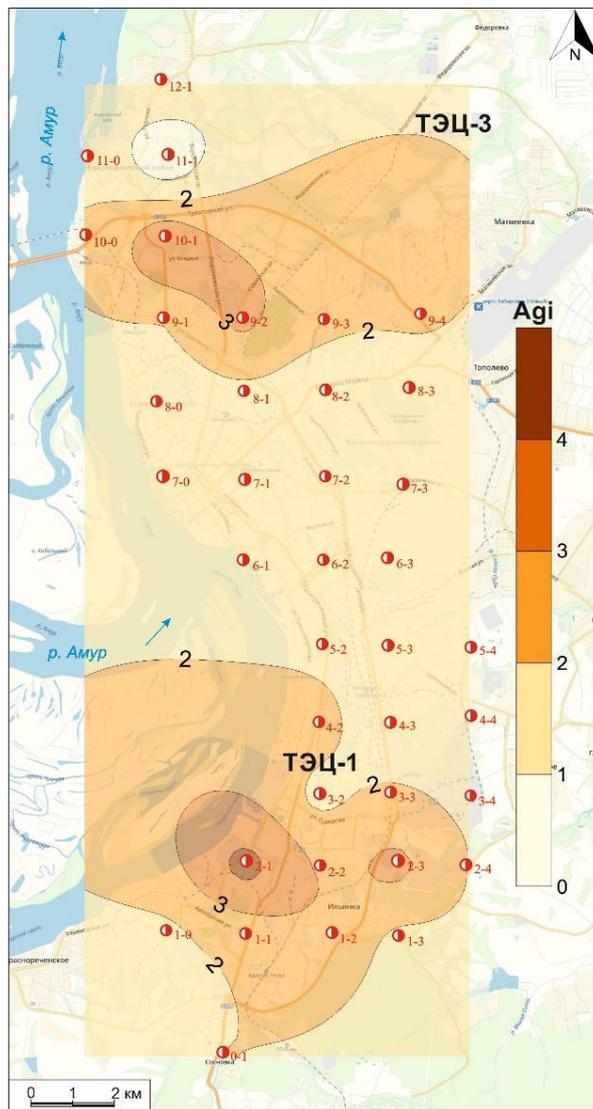


Рисунок 27 – Пространственное распределение аддитивных показателей на территории г. Хабаровск

В результате интегральной эколого-геохимической оценки выделены две неблагоприятные зоны города Хабаровска. Первая из них расположена в южной части города, в точках 2-1 и 1-2 на территории Индустриального района. В данном районе наблюдались максимальные концентрации большей части из рассмотренных элементов. Вторая зона, характеризующийся повышенными значениями аддитивного показателя, приурочена к северной части города, в точках 10-1 и 9-2 на территории Краснофлотского района.

Первый и второй ореолы повышенных значений аддитивного показателя находятся под влиянием господствующего переноса воздушных масс со стороны

теплоэлектростанций, а именно северный участок – ТЭЦ-3, южный участок – ТЭЦ-1.

6.2 Расчет коэффициента биогеохимической трансформации

Коэффициент биогеохимической трансформации отражает нарушение нормальных соотношений микроэлементов в органах растений, характерных для их фило- и онтогенетической специализации, и количественно описывает дисбаланс микроэлементов, возникающий в результате усиления антропогенной нагрузки [10]. Так как растения реагируют на ухудшение состояния окружающей среды как накоплением, так и деконцентрацией микроэлементов, что обусловлено изменением интенсивности биологических процессов.

Оценка полученных коэффициентов осуществлялась согласно градации, представленной в работе Сорокиной О.И. (2013) [38]:

- <15 – низкая степень биогеохимической трансформации растений;
- 15-20 – средняя степень биогеохимической трансформации растений;
- 20-25 – степень биогеохимической трансформации растений выше среднего;
- 25 – степень биогеохимической трансформации растений вдвое выше среднего.

Результаты расчета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Значения коэффициентов биогеохимической трансформации в листьях тополя, г. Хабаровск

№ пробы	Zv	Степень биогеохимической трансформации растений	№ пробы	Zv	Степень биогеохимической трансформации растений
Хб-0/1	25,2	вдвое выше среднего	Хб-6/2	130,1	вдвое выше среднего
Хб-1/0	11,3	низкая	Хб-6/3	19,4	средняя
Хб-1/1	22,6	выше среднего	Хб-7/0	28,6	вдвое выше среднего
Хб-1/2	47,5	вдвое выше среднего	Хб-7/1	35,3	вдвое выше среднего
Хб-1/3	136,9	вдвое выше среднего	Хб-7/2	161,8	вдвое выше среднего
Хб-2/1	26,5	вдвое выше среднего	Хб-7/3	23,8	выше среднего
Хб-2/2	22,0	выше среднего	Хб-8/0	34,8	вдвое выше среднего
Хб-2/3	128,9	вдвое выше среднего	Хб-8/1	75,5	вдвое выше среднего
Хб-2/4	70,2	вдвое выше среднего	Хб-8/2	35,1	вдвое выше среднего
Хб-3/2	36,3	вдвое выше среднего	Хб-8/3	114,6	вдвое выше среднего
Хб-3/3	20,9	выше среднего	Хб-9/1	22,7	выше среднего
Хб-3/4	114,6	вдвое выше среднего	Хб-9/2	22,2	выше среднего

Хб-4/2	14,7	низкая	Хб-9/3	110,7	вдвое выше среднего
Хб-4/3	43,9	вдвое выше среднего	Хб-9/4	23,9	выше среднего
Хб-4/4	107,4	вдвое выше среднего	Хб-10/0	32,1	вдвое выше среднего
Хб-5/2	26,7	вдвое выше среднего	Хб-10/1	42,6	вдвое выше среднего
Хб-5/3	69,2	вдвое выше среднего	Хб-11/0	193,1	вдвое выше среднего
Хб-5/4	42,6	вдвое выше среднего	Хб-11/1	40,7	вдвое выше среднего
Хб-6/1	122,8	вдвое выше среднего	Хб-12/1	40,4	вдвое выше среднего

Пространственное распределение рассчитанных коэффициентов биогеохимической трансформации представлено на рисунке 28.

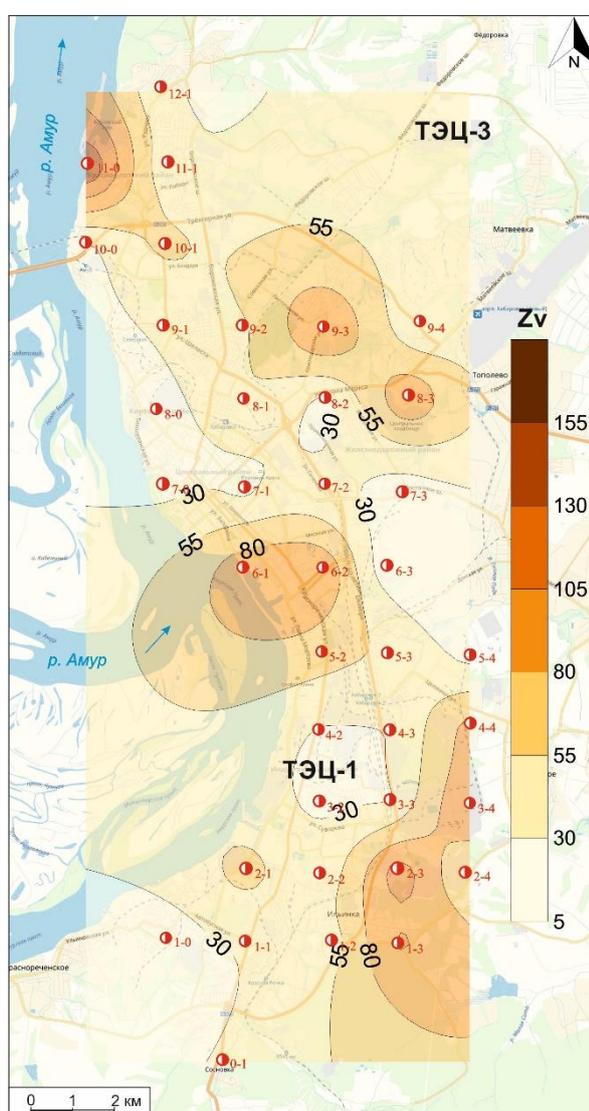


Рисунок 28 – Пространственное распределение коэффициентов биогеохимической трансформации на территории г. Хабаровск

Наиболее контрастная комплексная биогеохимическая аномалия (Nd, U, Hf, Lu, Sc, Th, Tb) простирается с северо-запада на юго-восток, максимальное значение коэффициента при этом приурочено в точках 11-0, 1-3 и 2-3. Точка 11-0 находится на берегу реки Амур, точки 1-3 и 2-3 находится на юге города, в практически не жилой его части.

При сравнении можно заметить, что карты пространственного распределения аддитивного показателя и коэффициента биогеохимической трансформации существенно отличаются, ореолы повышенных значений этих показателей находятся в разных точках опробования. Связано это с тем, что коэффициент рассеяния (составляющая коэффициента биогеохимической трансформации) выше, чем коэффициент концентрации т.е. деконцентрация элементов в листьях тополя выше, чем концентрация. Основной вклад вносит коэффициент рассеяния неодима, который равен 78.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

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

Исследования проводились на территории г. Хабаровск – административного центра Хабаровского края, на территории которого сконцентрировано значительное количество промышленных производств разнообразной специфики, крупнейших предприятий теплоэнергетики, транспортных и железнодорожных коммуникаций. В качестве объекта исследования были выбраны листья тополя (*PopulusBalsamifera L.*), являющиеся хорошим индикатором техногенной трансформации состояния городской среды.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Министерство природных ресурсов Хабаровского края;
- Управление по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Хабаровскому краю;
- Научно-исследовательские организации, университеты.
- Граждане.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

В данном научном исследовании, проводится анализ загрязненности атмосферного воздуха с помощью листьев тополя бальзамического (*Populus Balsamifera* L.).

В данном научном исследовании возможно применять 2 способа исследования лесного фонда.

В таблице 15 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – анализ атмосферного воздуха с помощью газоанализатора, к2 – анализ атмосферного воздуха с помощью проб снегового покрова.

Таблица 15 – 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	4	4	4	0,56	0,56	0,56
2. Точность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
4. Технологичность	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	3	4	3	0,36	0,48	0,36
2. Цена	0,14	4	2	4	0,56	0,28	0,56
3. Время	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
Итого	1	26	27	25	3,73	3,84	3,58

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

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенный анализ конкурентов, можно сказать что уязвимость разрабатываемого проекта, в том, что требуется больше времени на его выполнении, но достоинство его в цене, которая ниже позиции конкурентов и высокой технологичности.

5.1.3 SWOT-анализ

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

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

Таблица 16 – Матрица SWOT-анализа

<p style="text-align: center;">Сильные стороны</p> <p>С1. Проблема загрязнения атмосферного воздуха С2. Низкая цена проекта С3. Достаточно высокая точность результатов С4. Распространённость и доступность объекта исследования С5. Квалифицированный персонал</p>	<p style="text-align: center;">Слабые стороны</p> <p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Анализ только летнего периода загрязнения атмосферного воздуха</p>
<p style="text-align: center;">Возможности</p> <p>В1. Создания программы работ в Хабаровском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды В2. Прогнозирование экологической обстановки городской среды на локальном и региональном уровнях</p>	<p style="text-align: center;">Угрозы</p> <p>У1. Неодобрение проекта со стороны властей У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>

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

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 17. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта

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

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

		Сильные стороны проекта				
Угрозы		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
	У1.	-	-	-	0	0
	У2.	0	0	-	-	0

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

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 18).

Таблица 18 –SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Проблема загрязнения атмосферного воздуха С2. Низкая цена проекта С3. Достаточно высокая точность результатов С4. Распространённость и доступность объекта исследования С5. Квалифицированный персонал	Сл1. Удаленность территории объекта исследования Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Анализ только летнего периода загрязнения атмосферного воздуха
Возможности В1. Создания программы работ в Хабаровском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды В2.Прогнозирование экологической обстановки городской среды на локальном и региональном уровнях	Мониторинг и прогнозировании загрязнения атмосферного воздуха Внедрение метода в крупные города России Введение метода в вузы для обучения	Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль В зимний период использовать хвою деревьев
Угрозы У1. Неодобрение проекта со стороны властей У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Создание конкурентоспособного проекта	Создание качественного и конкурентоспособного проекта

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальную форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 19).

Таблица 19 – 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
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1

13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	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 рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки

и проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве метода коммерциализации выбирается торговля патентными лицензиями и инжиниринг.

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

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

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

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 20).

Таблица 20 – Заинтересованные стороны проекта

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

В таблице 21 представить иерархия целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 21 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение распределения концентраций микро- и макроэлементов в листьях тополя (<i>PopulusBalsamifera L.</i>) на территории г. Хабаровск.
Ожидаемые результаты проекта:	Эколого-геохимическое районирование территории г. Хабаровска по данным элементного анализа листьев тополя
Критерии приемки результата проекта:	Найти возможные источники загрязнения атмосферного воздуха г. Хабаровска, подкрепляя доказательствами
Требования к результату проекта:	Требование:
	отобрать пробы листьев тополя на территории г. Хабаровск для лабораторных аналитических исследований;
	определить химический состав золы листьев тополя методом инструментального нейтронно-активационного анализа
	определить вещественный состав поверхности листа тополя с помощью растровой электронной микроскопии
	провести обработку полученных данных
	выявить возможные техногенные источники, влияющие на формирование химического состава листьев

В таблице 22 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 22 – Рабочая группа проекта

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

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованными в рамках данного проекта (таблица 23).

Таблица 23 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	455000
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	15.09.2018-31.05.2020
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2018
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2020

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

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

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

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

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 29).



Рисунок 29 – Иерархическая структура работ

5.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 24, 25).

Таблица 24 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.18	07.09.18	Ткачева А.В., Юсупов Д.В.
Согласование плана работ	7	08.09.18	15.09.18	Ткачева А.В., Юсупов Д.В.
Литературный обзор	138	16.09.18	31.01.19	Ткачева А.В.
Лабораторные исследования	212	01.02.19	31.08.19	Ткачева А.В.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	153	01.09.19	31.01.20	Ткачева А.В., Юсупов Д.В.
Написание отчета	122	01.02.20	31.05.20	Ткачева А.В.
Итого:	639			

Таблица 25 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2018				2019											2020					
		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																					

5.4 Бюджет научного исследования

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

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.
2. Заработная плата.
3. Отчисления на социальные нужды и накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 26).

Таблица 26 – 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

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 27).

Таблица 27 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

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

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 28.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где: Z_m – 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 таблице 28.

Таблица 28 – 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:

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

Z_b – базовый оклад, руб.;

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_r – 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:

$$Z_m = Z_b * K_r, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

K_r – 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 $K_{д}$.

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 таблице 29.

Таблица 29 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{б}$, руб.	k_p	$Z_{м}$, 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

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается 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 таблице 30 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 30 – Заработная плата исполнителей НТИ

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

Отчисления на социальные нужды. Статья 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.

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

Затраты на научные и производственные командировки составляют 40964,6 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями. На эту статью расходов, в данном проекте относится, использование Internet. Величина этих расходов определялась по договорным условиям и составляет 1560 руб.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

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

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

Таким образом, бюджет проекта составляет 666034,04.

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

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

Во время выполнения выпускной работы в кабинете с ЭВМ осуществлялись обработка результатов анализов проб, их систематизация; расчет геохимических показателей и их сравнительных характеристик; оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, а также набор текста на персональном компьютере. В выпускной работе проанализировано 38 проб листьев тополя бальзамического.

Актуальность работ обусловлена тем, что в условиях урбанизации городов комплексы техногенных источников формируют тяжелую геоэкологическую обстановку, оказывающую экологическое давление на все компоненты урбоэкосистем. В связи с чем актуальной становится проблема оценки состояния компонентов природной среды. Преимущества растительности как индикаторов состояния окружающей среды состоит в том, что они активно накапливают загрязняющие вещества из сопряженных сред, поэтому их можно считать хорошим биогеохимическим индикатором техногенной трансформации состояния городской среды.

Во время выполнения выпускной работы, в кабинете с персональным компьютером (ПК), осуществлялись обработка результатов анализов проб, их систематизация; расчет геохимических показателей и их сравнительных характеристик; оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, а также набор текста на персональном компьютере.

Цель раздела состоит в анализе вредных и опасных факторов производственной деятельности, которые могут воздействовать на человека в ходе проведения данных работ, а также в решении вопросов обеспечения защиты от выявленных вредных и опасных факторов на основе действующих нормативно-технических документов.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)

правовые нормы трудового законодательства

Согласно Конституции Российской Федерации, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены.

Права и обязанности работника в связи с проведением специальной оценки условий труда оговариваются в статье 5 глав 1 Федерального закона Российской Федерации № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. В соответствии со статьей 26 работник вправе присутствовать при проведении специальной оценки условий труда на его рабочем месте и обязан ознакомиться с результатами проведенной этой оценки.

В статье 94 трудового кодекса Российской Федерации указана продолжительность рабочего дня «Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая 52 продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать: при 36-часовой рабочей неделе – 8 часов.

Для рабочей смены длительностью 8 часов определены следующие режимы перерывов (исходя из категории работы): через 2 часа от начала рабочего дня и через 2 часа после обеденного перерыва – по 15 минут.

Также целесообразна организация регламентированных перерывов меньше длительности, во время которых можно проводить различные разминочные физические упражнения, гимнастику для глаз.

Режим труда и отдыха при работе с компьютером.

1. Режимы труда и отдыха при работе с ПК должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности.

2. Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы:

группа А – работа по считыванию информации с экрана ПК с предварительным запросом; группа Б – работа по вводу информации; группа В – творческая работа в режиме диалога с ПК.

При выполнении в течение рабочей смены работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ПК следует принимать такую, которая занимает не менее 50% времени в течение рабочей смены или рабочего дня.

3. Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются: для группы

А – по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000 знаков за смену; для группы Б – по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В – по суммарному времени непосредственной работы с ПК за рабочую смену, но не более 6 часов за смену.

4. Для инженеров, обслуживающих учебный процесс в кабинетах (аудиториях) с ПК, продолжительность работы не должна превышать 6 часов в день.

5. Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей, на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы.

6. Продолжительность непрерывной работы за ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов. Для предотвращения последующего ухудшения самочувствия пользователя и снижения его общей активности и работоспособности целесообразно соблюдать режим труда и отдыха.

При работе в лаборатории необходимо обеспечение персонала специальными халатами, достаточной проветриваемостью помещения, наличием индивидуальных средств защиты, таких как: перчатки, маска. Так же необходима достаточная освещенность рабочей зоны.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе МИНОЦ «Урановая геология» (541 ауд.), отделение геологии ИШПР. Аудитория расположена на пятом этаже 20 корпуса ТПУ. Размер помещения 8,5×9,5×3,1 м. Площадь на одно рабочее место в ПК составляет не менее 4,5 м², а объем – не менее 20 м³. В аудитории имеется 12 персональных компьютеров. Помещение соответствующем санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Во время анализа проб листьев тополя основные работы будут проходить при использовании ПК и микроскопов, анализаторов ртути и других приборов, которые регламентируются теми же документами, что и работа за ПК. Специальные и общие требования во время работы за ПК указаны в СанПином 2.2.2/2.4.1340-03 [71].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при организации рабочего места пользователя компьютера необходимо соблюдать следующие требования:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно составлять не менее 2 м в направлении тыльной стороны монитора, и не менее 1,2 м между боковыми поверхностями мониторов;
- расстояние от монитора до глаз пользователя должно быть не менее 600-700 мм, при определенном размере шрифта допускается величина 500 мм;
- конструкция рабочего стула должна учитывать рост пользователя, продолжительность работы; способствовать естественному движению пользователя, не оказывать дополнительной нагрузки на мышцы спины и шейно-плечевой области;
- конструкция рабочего стола также должна учитывать естественное положение пользователя при работе за компьютером, длительность работы и обеспечивать оптимальное размещение всего используемого в процессе работы оборудования.

6.2 Производственная безопасность

В данной работе рассмотрен анализ условий труда и факторов, влияющих на безопасность сотрудников в офисном помещении.

В ходе работы были выявлены вредные и опасные факторы, формирующиеся при проведении работ, указаны в таблице 31.

Таблица 31 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплу атация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[72], СанПиН 2.2.4.548-96 [73]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [71], СНиП 23-05-95 [74]
Повышенный уровень шума		+		ГОСТ 12.1.003-83 [63], СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [68]
Электромагнитное поле	+	+	+	ГОСТ 12.1.045–84 [65]
Нервно-психические перегрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[72]
Электрический ток	+	+		ГОСТ 12.1.019-79 [64], ГОСТ 12.4.124-83 [65]
Пожарная опасность		+		НПБ 105-03 [69], ГОСТ 12.4.009-83 [66], ГОСТ 12.1.004-91 [63]

Рассмотрим более подробно каждый из выявленных факторов.

Отклонение показателей микроклимата. Микроклимат представляет собой комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающих влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха и скорость его движения, а также интенсивность теплового облучения.

Все выше перечисленные показатели в рабочем помещении формируются за счет работы отопительной и вентиляционной систем. В случае нарушения работы этих систем происходит отклонение показателей

микроклимата, что приводит к нарушению теплового баланса организма человека. Так при высокой температуре воздуха в рабочем помещении кровеносные сосуды расширяются, что приводит к повышению притока крови к поверхности тела и повышению теплоотдачи в окружающую среду. При понижении температуры ниже нормы, напротив, происходит сужение кровеносных сосудов, уменьшается приток крови к поверхности тела и теплоотдача уменьшается. Влажность воздуха влияет на терморегуляцию организма. При высокой влажности (более 85%) происходит затруднение терморегуляции, а при низкой (меньше 20%) может происходить пересыхание слизистой оболочки и дыхательных путей.

Для того, чтобы обеспечить работнику, выполняющему работу операторского типа, ощущение теплового комфорта, минимальное напряжение механизмов терморегуляции, не спровоцировать развитие каких-либо заболеваний и создать предпосылки для высокого уровня работоспособности, необходимо поддерживать в рабочем помещении оптимальные величины показателей микроклимата (таблица 32).

Таблица 32 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia* (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia* (до 139)	23-25	22—26	60-40	0,1

**Примечание: Категория Ia – работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением, согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам.*

Для того чтобы поддерживать данные показатели на требуемом уровне в помещениях, оборудованных ПК необходимо проводить ежедневную влажную уборку, а также систематически осуществлять проветривание помещения во время работы на ПК. Для поддержания необходимой

температуры необходимо отопление помещения, а также оборудование теплоизолирующих экранов для защиты от источников теплового излучения.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Для того, чтобы обеспечить сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы при работе за компьютером необходимо правильно организовать освещение рабочего места. Недостаток освещения может приводить к утомляемости оператора, снижению внимания, уменьшению производительности труда. Длительная работа при неправильном освещении может спровоцировать развитие близорукости.

Компьютерный класс, в котором расположено рабочее место имеет совмещенное освещение. Естественное освещение представлено двумя боковыми окнами, ориентированными на восток. Искусственное освещение представлено 15 светильниками, встроенными в потолок. Светильники расположены в пять рядов, параллельно столам с ПК, таким образом, что они обеспечивают равномерное освещение помещения.

Для снятия нагрузки на зрение помимо правильного освещения помещения необходимо следить за освещенностью поверхности экрана компьютера, которая согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 не должна превышать 300 лк, также яркость светящихся поверхностей (окно, светильник), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м². Помещение, в котором находилось рабочее пространство, соответствует нормам освещенности.

Для того, чтобы обеспечить в рабочем помещении соблюдение нормативов освещенности необходимо не реже чем два раза в год осуществлять чистку стекол оконных рам и светильников, а для регулирования яркости света, поступающего из окон можно использовать жалюзи, либо шторы.

Повышенный уровень шума. Источниками шума на рабочем месте, в компьютерном классе, как правило, является работа вентиляторов,

предназначенных для охлаждения системных блоков, работа принтера, а также звук от эксплуатации автомобилей, доносящийся с улицы.

Шум воздействует на центральную, вегетативную нервную систему человека и органы слуха. Работа в условиях длительного шумового воздействия может провоцировать у человека раздражительность, головную боль, снижение памяти, повышенную утомляемость, а также нарушение сна.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83, уровень шума при выполнении работы на ПК не должен быть более 45 дБ. При выполнении выпускной работы уровень шума был в пределах нормы.

Защита от шумового воздействия предполагает использование шумобезопасной техники, средств индивидуальной и коллективной защиты, к которым относят звукоизолирующие материалы, беруши, противошумные шлемы и т.д. В случае с работой за ПК достаточной мерой является использование наушников, либо беруш, в качестве более серьезных мер возможна звукоизоляция помещения.

Электромагнитное поле. Источником электромагнитного излучения на рабочем месте являются компьютеры и сетевые фильтры.

Продолжительное воздействие электромагнитного поля на организм человека провоцирует ослабление иммунитета, повышает утомляемость, может вызывать нарушения метаболизма, влиять на артериальное давление. Помимо этого, воздействие электромагнитного поля провоцирует увеличенную выработку в организме человека гормона стресса – адреналина, повышение которого в крови приводит к возрастанию нагрузок на сердце.

Защита от электромагнитного излучения при работе с ПК в первую очередь предполагает использование качественной техники, соответствующей стандартам качества. Для дополнительной защиты возможно использование экранных фильтров, позволяющих ослабить электростатическое и электромагнитное поле, а также заземление техники (ГОСТ 12.4.124-83).

Также для снижения воздействия дисплеев рекомендуется работать на дисплеях с защитными экранами и фильтрами. Среди наиболее безопасных

выделяются мониторы с маркировкой Low Radiation, компьютеры с жидкокристаллическими экранами и мониторы с установленной защитой по методу замкнутого круга.

К организационным мероприятиям по защите от действия ЭМП относятся:

1. Выбор режимов работы излучающего оборудования, обеспечивающего уровень излучения, не превышающий предельно допустимый.

2. Ограничение времени нахождения в зоне действия ЭМП.

Нервно-психические перегрузки. Основными источниками нервно-психических перегрузок при работе за ПК являются: повышенное зрительное напряжение, длительная концентрация внимания, эмоциональные перегрузки, монотонность труда, большой поток информации.

Следствием длительной непрерывной работа за компьютером могут является переутомление глаз, боль в мышцах спины и шеи, головная боль. Для того, чтобы предотвратить вышеперечисленные проблемы необходимо правильно организовывать рабочую смену, а именно: во избежание преждевременной утомляемости через каждые 2 часа работы за компьютером необходимо делать 15 минутные перерывы, а при высоком уровне напряженности работы рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях. Для того чтобы избежать боли в мышцах спины и шеи, а также переутомления глаз нужно осуществлять комплексные оздоровительно-профилактические мероприятия (специальные упражнения, витаминизация и т.д.).

Электрический ток. Компьютер включает в себя множество составных частей, питающихся от источника тока, среди которых монитор, системный блок, клавиатура, мышь и др. устройства. Все эти составные части, а также множество соединительных проводов являются для пользователя потенциальными источниками опасности поражения электрическим током.

Для того, чтобы избежать этой опасности необходимо соблюдать правила электробезопасности при работе с ПК.

Во избежание поражения электрическим током запрещается:

- прикасаться задней панели системного блока, а также тыльной стороне дисплея компьютера;
- работать за компьютером во влажной одежде или влажными руками;
- вытирать пыль с компьютера во включенном состоянии;
- использовать жидкие или аэрозольные чистящие средства для осуществления чистки компьютера;
- касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей (при пользовании электроприборами);
- класть посторонние предметы на средства вычислительной техники, а также периферийные устройства.

Согласно ГОСТ 12.1.019-79, к основным мероприятиям, направленным на ликвидацию причин травматизма от электрического тока 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 планово-профилактических работ и предупредительных ремонтов.

Пожарная безопасность. Анализ пожароопасности как опасного фактора рассмотрен в разделе 8.4.

6.3 Экологическая безопасность

В процессе работы на рабочей зоне образуются отходы V класса опасности (бумага, обрезки бумаги и мусор от уборки помещений).

Степень вредного воздействия на окружающую среду отходов V класса опасности – очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на данный вид отходов паспорт не выдается.

Утилизация таких отходов: с объекта исследования при помощи обслуживающего персонала, а далее городских служб попадают на общегородские свалки, откуда в дальнейшем могут поступить на переработку.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС является пожар на рабочем месте. 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 № 117-ФЗ, 02.07.2013 № 185-ФЗ).

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, отделок 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 ПК 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).

Действия в случае возникновения ЧС. При обнаружении пожара работнику необходимо:

- немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «101», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование;
- приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
- при общем сигнале опасности покинуть здание.

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 такая ЧС, как пожар на рабочем месте.

Стоит отметить, что аудитория, в которой расположено рабочее место соответствует нормам пожарной безопасности. Рекомендации по снижению негативного воздействия вредных и опасных факторов в целом соблюдаются.

Вредные факторы, возникающие при выполнении исследований, заключаются в отклонении показателей микроклимата на открытом воздухе и в помещении, повышенном уровне шума, повышенной запыленности и загазованности воздуха, физических перегрузках, недостаточной освещенности рабочей зоны, электромагнитном излучении и нервно-психических перегрузках. Опасными факторами являются движущиеся машины, поражение электрическим током и пожароопасность. Воздействие на окружающую среду заключается в образовании отходов V класса опасности. Возможными ЧС являются транспортные аварии и возникновение пожара.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Листья тополя можно использовать как эффективный биоиндикатор в городах с разнообразным и многокомпонентным техногенным воздействием. Их анализ позволяет выявить особенности пространственного распределения элементов, выявить элементы-загрязнители.

Листья тополя являются очень удобным объектом для исследований и проведения биогеохимической съемки на городских территориях. Он позволяет проводить пробоотбор по относительно равномерной сети в различных масштабах съемки.

Город Хабаровск – административный центр Хабаровского края и Дальневосточного федерального округа (ДФО), крупный транспортно-логистический и промышленный центр Дальнего Востока.

Источниками техногенного загрязнения на территории г. Хабаровска являются две крупные теплоэлектростанции, ряд предприятий химической и нефтяной промышленности, судостроительный завод и около 10 других крупных предприятий. Ежегодно промышленные предприятия города выбрасывают в атмосферу ~ 120 тыс. т вредных веществ, транспортом – около 90 тыс. т.

Кроме того, в городе создаются особые условия для рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере в следствие неблагоприятных климатических условий (высокой повторяемости: ветров со скоростью 0-1 м/с, штилей, застоев воздуха, приземных и приподнятых инверсий температуры), что создает высокий уровень загрязнения (в 2015 г. ИЗА = 13,4) атмосферного воздуха в г. Хабаровск.

Биогеохимическая оценка территории г. Хабаровска элементного состава листьев тополя включала опробование 38 проб листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), лабораторно-аналитические исследования (инструментальный нейтронно-активационный анализ, атомно-

абсорбционный анализ ртути и электронно-микроскопические исследования) и обработку информации.

Описательный статистический анализ валового содержания химических элементов свидетельствует о том, что распределение содержания элементов на территории города неравномерное, находятся участки с аномальным их содержанием, в первую очередь, Ta, Cr, Sb, Tь.

Ранжирование коэффициентов концентраций, показало, что в листьях тополя в большей степени накапливаются редкоземельные элементы, также выделяются элементы: Cs, Rb, Bs, Th, Zn.

В каждом виде статистического анализа выделяется группа редкоземельных элементов и группа As, Hf, Sc, Na, что говорит о характеристической особенности г. Хабаровска. На основе этого были построены карты-схемы пространственного распределения этих элементов.

Распределение элементов идентично друг с другом, соответственно у них одинаковый генезис. Выявлены два контрастных биогеохимических ореола рассеяния в северном и южном районах города. Высокие концентрации элементов с большой долей вероятности имеют техногенное происхождение, т.к. территории с повышенными содержаниями находятся в зоне влияния ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, согласуется с летней розой ветров. Кроме того, в пределах Хабаровска в золоотвалах хранится более 16 млн. тонн золы, они подвержены выветриванию и осушению и при скорости ветра 3 м/сек. и более начинают пылить.

По данным электронной микроскопии на поверхности листьев тополя установлено значительное количество микроминеральных фаз РЗЭ, по своей морфологии они схожи с техногенными частицами золы уноса.

Накопление и распределение редкоземельных элементов в листьях тополя обусловлено влиянием преобладающего северо-восточного переноса воздушных масс со стороны золоотвалов теплоэлектростанций.

Также был установлен уровень содержания и характер распределения ртути на территории г. Хабаровска. Содержание ртути не превышает среднее

содержание в городах Сибири и Дальнего Востока. Предполагаемыми локальными источниками эмиссии ртути являются: аэродром, железнодорожная дорога, ТЭЦ-1.

Карты пространственного распределения аддитивного показателя и коэффициента биогеохимической трансформации существенно отличаются, ореолы повышенных значений этих показателей находятся в разных точках опробования. Связано это с тем, что коэффициент рассеяния (составляющая коэффициента биогеохимической трансформации) выше, чем коэффициент концентрации, т.е. деконцентрация элементов в листьях тополя выше, чем концентрация.

Проведённый расчёт стоимости работ по оценке экологического состояния территории г. Хабаровска по элементному составу листьев тополя бальзамического составил 666034,04 рубля с учетом НДС.

Вредные факторы, возникающие при выполнении камеральных работ, могут быть обусловлены недостаточной освещенностью рабочей зоны, превышением уровнем электромагнитных излучений и монотонным режимом работы, а также потенциальной пожарной опасностью и воздействием электрического тока.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Ткачева А.В. Эколого-геохимическая характеристика территории г. Чита по данным анализа элементного состава листьев тополя / А.В. Ткачева науч. рук., Д. В. Юсупов // Экология России и сопредельных территорий. – Новосибирск: 2018 – С. 84.
2. Ткачева А.В., Дорохова Л.А. Биогеохимические ореолы тория и урана на территории г. Хабаровск / А.В. Ткачева, Л.А. Дорохова, науч. рук. Д. В. Юсупов // Всероссийская молодежная геологическая конференция памяти В. А. Глебовицкого. – Санкт-Петербург: Изд-во ВВМ, 2020 – С. 239-241.
3. Ткачева А.В. Влияние объектов теплоэнергетики на распределение редкоземельных элементов в листьях тополя на территории г. Хабаровск / А.В. Ткачева науч. рук., Д. В. Юсупов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – Т. 1. – С. 640-641.
4. Ткачева А.В. Эколого-геохимическое районирование территории г. Хабаровска по данным элементного анализа листьев тополя / А.В. Ткачева науч. рук., Д. В. Юсупов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – [принято к публикации].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка. – М.: Универ. Книга Логос, 2006. – 520 с. ГОСТ 26929–94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2002. – 31 с.
3. Андреев А.И., Кондратьева Л.М. Комплексная оценка качества подземных водных источников на территории города Хабаровска / Безопасность в техносфере. №4. 2016. С. 30-37.
4. Бакулин В.Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы, Сиб. Экологический журнал – №4. – Новосибирск. – 2005 – С.563-571.
5. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений / Р. Баргальи. – М.: Геос, 2005. – 457 с.
6. 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.
7. Вернадский В.И. Труды по биогеохимии и геохимии почв. – М.: Наука, 1992. – 437 с.
8. Войнова И.П. Вулканиты Хабаровского аккреционного комплекса (юг Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология – 2016. – №3 – С. 88-97.
9. Волостнов А.В. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 160 с.

10. Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М. А. Глазовской / Под ред. Н. С. Касимова, М. И. Герасимовой. – М. : АПР, 2012. – 600 с.
11. Глухов Г.Г. Нейтронно-активационный анализ с использованием исследовательского ядерного реактора НИИ ЯФ ТПУ. Изв. Вузов. ФИЗИКА. №4, 1998, с.207.
12. Голохваст К.С., Алейникова Е.А. Качественный состав атмосферных взвесей в воздухе Хабаровска // Экологические проблемы промышленных городов. 2013. С. 31-34.
13. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в 2015 году – Хабаровск, 2016 – 256 с.
14. 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.
15. Добровольский В.В. Геохимическое земледование: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «География» / В.В. Добровольский. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2008. – 207 с.
16. 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.
17. Евсеева Г.П. Содержание химических элементов в крови и волосах у детей-дошкольников, проживающих в г. Хабаровске / Оригинальные исследования. г. Хабаровск. С. 11-15.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Зырин Н.Г., Малахов С.Г. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под редакцией д-ра биол. Наука Н.Г. Зырина. – Москва: Московское отделение гидрометеоздата, 1981. – С. 110.
22. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения экосистем химическими элементами // Биогеохимические и гидроэкологические исследования техногенных систем. Вып. 14. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 7-114.
23. Каракаева, Л. С., Докучаева Ю. А., Машкова А. А. О содержании аскорбиновой кислоты и тяжёлых металлов в видах рода *Populus L.* различных зон Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (41). – С. 226–229.
24. Кондратьева Л. М. Влияние крупных притоков на биогеохимические процессы в реке Амур / Кондратьева Л. М., Андреева Д. В., Голубева Е. М. // География и природные ресурсы. 2013. № 2. С. 36-43.
25. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть II. Компьютерный практикум. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 150 с.
26. Новороцкая А.Г. Оценка состояния атмосферного воздуха в зоне влияния ТЭЦ-2 г. Хабаровска // Успехи современного естествознания. 2017. №12. С. 215-220.

27. Першин Н.Ю. Эколого-биогеохимическая оценка территории г. Тобольска по данным изучения листьев тополя: выпуск. квал. работа / Першин Николай Юрьевич. Томск, 2017. – 84 с.
28. Подгорная Т.И. Оценка природных условий территории для градостроительства: учеб. пособие / Т.И. Подгорная. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. – 135 с.
29. Подгорная Т.И. Прогноз изменения геологической среды Хабаровска в результате катастрофического наводнения на Амуре / Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2013. – Вып. 13. – С. 23-29.
30. Попова О.С. Древесные растения лесных, защитных, зеленых насаждений: учеб. пособие / О.С. Попова, В.П. Попов, Г.У. Харахонова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – 159 с.
31. Попова, Л. Ф. Комплексная эколого-химическая оценка и нормирование качества почвенно-растительного покрова городских экосистем (на примере Архангельска): автореф. дис. д-р биол. Петрозаводск, 2015. – 34 с.
32. Рзянкина М.Ф. Киселев С.Н. Влияние факторов окружающей среды на показатели здоровья детского населения г. Хабаровска / г. Хабаровск. 2017. С. 101-107.
33. Рихванов Л.П. Элементный состав листьев тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем / Л.П. Рихванов, Д.В. Юсупов, Н.В. Барановская, А.Р. Ялалтдинова // Экология и промышленность России. – 2015. – №45 – С. 58-63.
34. 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.
35. Росликова В. И., Матвеев Т. И. Радионуклиды в урбанизированных почвах города Хабаровска / Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2014. № 3. С 46-51.

36. Сашникова Д.А., Матвеев Т.И. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами и территорий муниципальных округов города Хабаровска / *Философия современного природопользования в бассейне реки Амур*. 2019. С. 140-143.
37. Сербяева К.Н. Эколого-геохимический анализ территории города Иркутска по данным изучения листьев тополя: выпуск. квал. работа / Сербяева Кристина Николаевна. Томск, 2019. – 107 с.
38. 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.
39. Сорокина О. И. Тяжелые металлы в ландшафтах г. Улан-Батора: автореф. дис. к-та геогр. наук:25.00.23 / Сорокина Ольга Игоревна. – М., 2013. – 24 с.
40. Судыко А.Ф. Определение урана, тория, скандия и некоторых редкоземельных элементов в двадцати четырех стандартных образцах сравнения инструментальным нейтронно-активационным методом // *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы V Международной конференции*, г. Томск, 13–16 сентября 2016 г. – Томск : STT, 2016. – С. 620-624.
41. 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.
42. 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.
43. 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.

- 44.Турсуналиева Е.М. Наблюдение за содержанием ртути в листьях тополя бальзамического в зоне влияния новосибирского завода химконцентратов // Сборник МЭСК – 2017. – №40 – С. 31-32.
- 45.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.
- 46.Уманский Я.С., Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
- 47.Черенцова А.А, Оценка воздействия золоотвалов на окружающую среду: на примере Хабаровской ТЭЦ-3: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.02.08 / Черенцова Анна Александровна; [Место защиты: Дальневост. федер. ун-т]. - Владивосток, 2013. – 22 с.
- 48.Черенцова А.А. Накопление поллютантов в почвенном покрове в зоне влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 // Вестник КрасГАУ – 2013 – №6 – С. 55-60.
- 49.Черенцова А.А. Оценка влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на компоненты окружающей среды / Ученые заметки Тогу. 2012. №1. С. 29-42.
- 50.Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и полупромышленных испытаний) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – Хабаровск, 2009. – №2. – С. 98-115.
- 51.Шаймарданова, Б. Х. Биоиндикация урбоэкосистемы г. Павлодара по содержанию химических элементов в золе листвы 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.
- 52.Шестеркин В.П. Изменение химического состава речных вод в Хабаровском водном узле за столетие – 2010 – №29 – С. 112-118.

53. 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.
54. Языков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во. – 2003. – 336с.
55. Ялалтдинова А. Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.36 / Ялалтдинова Альбина Рашидовна. Томск, Труа, 2015. – 172 с.
56. Albina Yalaltdinova. *Populus nigra* L. as a bioindicator of atmospheric trace element pollution and potential toxic impacts on human and ecosystem Albina // Yalaltdinova Junbeum Kimb, Natalia Baranovskaya, Leonid Rikhvanov / Elsevier. 2017. Page 10.
57. 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.
58. Madejón P. Long-Term Biomonitoring of Soil Contamination Using Poplar Trees: Accumulation of Trace Elements in Leaves and Fruits // P. Madejón, L. Ciadamidaro, T. Marañón, M. Murillo. *Journal International Journal of Phytoremediation*. Vol. 15, 2013. P. 602-614.
59. Mohamad Assad. Mercury uptake into poplar leaves // Mohamad Assad, Julien Parelle, David Cazaux, Frederic Gimbert, Michel Chalot, Fabienne Tatin-Froux / Elsevier. №146. 2016. Page 7.
60. Nataliia V. Terekhina, Margarita D. Ufimtseva (2020) Leaves of trees and shrubs as bioindicators of air pollution by particulate matter in Saint Petersburg. *Geography, Environment, Sustainability*, Vol.13, No 1. P. 224- 232.
61. Todeschinia V. Effects of high zinc concentration on poplar leaves: A morphological and biochemical study // V. Todeschinia, G. Lingua, G.

D'Agostino, F.Carniato, E. Roccotiello, G. Bertaa. Environmental and Experimental Botany. Vol. 71, 2011, P. 50-56.

Нормативно-методические документы

- 62.ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности / М.: Стандартиформ – 2007г, – 37 с.
- 63.ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования / М.: Стандартиформ – 2007.
- 64.ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты / М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
- 65.ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля / М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
- 66.ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание / М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.
- 67.ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования / М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
- 68.Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: принятая всенародным голосованием от 12.12.1993. (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ). – Доступ из справ. -правовой системы «Консультант Плюс».
- 69.НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности – утвержден приказом МЧС России от 18.06.2003 г. № 314. М.: ФГУП ЦПП, 2003. – 43 с.

70. Основные нормы Трудового кодекса по организации труда [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://oldsmb.economy.gov.ru>, свободный (25.02.2020).
71. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" – введен: 15 июня 2003 г. М.: Издательство стандартов, 2003.
72. 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.
73. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Минздрав России, 1997.
74. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995.
75. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: принят Государственной думой одобрен Советом Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019): принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 21 декабря 2001 г.: одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 декабря 2001 г. // Собрание законодательства. – 2002. – № 1.

Интернет ресурсы

76. Анализатор ртути [Электронный ресурс] // «РА-915М»: [сайт]. URL: http://www.lumex.ru/files/17BRU08.02.01-1_web.pdf (дата обращения: 25.03.2020).
77. География и климат // Хабаровский край URL: <http://www.habarovskkr.ru/geography/> (дата обращения: 29.03.2019).
78. Город Хабаровск // Инвестиционный портал Хабаровского края URL: <https://invest.khv.gov.ru/O-Nabarovskom-krae/Gorodskie-okruga-i-municipalnye-raiony/46> (дата обращения: 29.03.2019).
79. Расписание погоды // Аэропорт Хабаровск им. Г.И. Невельского URL: www.rp5.ru (дата обращения: 11.11.2018)

- 80.Хабаровск: климат // Метео ТВ URL: <http://www.meteo-tv.ru/rossiya/habarovskii-krai/habarovsk/weather/climate/> (дата обращения: 30.03.2019).
- 81.Хабаровский край // Большая российская энциклопедия URL: <https://bigenc.ru/geography/text/4727057> (дата обращения: 30.03.2019).
- 82.Хабаровский край // Летописи URL: <https://clck.ru/G5Mqr> (дата обращения: 03.04.2019).
- 83.Хабаровский край // Научно-популярная энциклопедия Вода России URL: <https://urlid.ru/bpsc> (дата обращения: 30.03.2019).
- 84.Энциклопедия Кольера // Академик URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/6916/%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%AC (дата обращения: 03.05.2020).

Приложение А
(справочное)

**Foliage as an assessment method of geo-ecological state of the environment in
urbanized territories**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Ткачева Анастасия Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юсупов Д.В.	к.г.-м.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Миронова В.Е.			

1 *Populus nigra* L. as a bioindicator of atmospheric trace element pollution and potential toxic impact on human and ecosystem

Trace elements are resistant and widely dispersed in the ecosystem. They interact with different natural components and have a toxic effect on the biosphere. In the urban atmosphere, they are released in the form of air particulates of different size as solid and/or liquid particles [57].

The extensively applied direct gathering of atmospheric deposition using bulk sampling appliances offers a practical approach to monitor the air trace elements precipitation. Nonetheless, researches of atmospheric pollution have frequently been limited by the high price of instrumental monitoring ways and difficulties in carrying out an extensive sampling in space and time. For these causes, there is an increasing interest in using indirect monitoring ways such as the use of organisms that may act as biomonitors or bioindicators. These are organisms that provide quantitative information on the quality of environmental conditions, while indicating the presence (or absence) of the pollutant. They also provide additional information on the amount and intensity of exposure. Biomonitors differ from bioindicators by their regular use in order to assess parameters over long period of time. By means of indicator plants it is possible to distinguish the degree of pollution, define sources of pollution and their impact areas, identify polluting ingredients, and draw maps of the air basin metal pollution in urban areas.

Although air quality assessment by means of plants has been practiced for many years, evaluation has still not been applied at a acceptable level due to different and even contradictory results depending on plant species [58]. Trees are widespread in many countries as the major plant type of contaminated urban areas, enabling large sampling areas to be covered. One of the most useful tree species as an effective bioindicator and biomonitor is the *Populus* spp. The elemental composition of poplar species foliage rapidly fluctuates due to changes in anthropogenic impacts on the environment. Identification and sampling are not complicated and inexpensive. However, the question of finding the most sensitive indicator in order

to carry out comprehensive research and reflect the intensity of man-made impacts is still open, due to the diverse and multi-component impacts in urban areas.

According to the Markert et al.' study (2003), bioindication is not an “environmental monitoring machine”, but, ideally, is a comprehensive review of various bioindicative test systems, that try to make a complete picture of a contamination and its development in the interests of preventive care for health and the ecosystem. An example of such a comprehensive study can be an application of bioindication results to assess the degree of environmental effect and predict the negative effects on human beings and ecosystems using life cycle impact assessment (LCIA) methodology.

In the earlier LCIA studies, there were no regional toxicity impact distribution results and maps because inventory data of companies are more often taken into account. It gives results which are limited in space and time (due to the high cost of daily measurements). Biogeochemical research can be conducted on a large scale assessing the impact for a specific, relatively long period of time (period of vegetation) [61]. A previous study shows the importance of the integration of regional emissions and the application of LCIA in agricultural areas.

Carrying out such a comprehensive study, including both an assessment of the territory and an assessment of the impact of industrial activity on it, followed by forecasting the impact on human health and the well-being of the ecosystem as a whole, it becomes even more relevant in urban areas with diversified and multicomponent, multifactor man-made impact. Ust-Kamenogorsk city in East Kazakhstan is one of them.

Ust-Kamenogorsk is one of the cities subjected to significant technogenic impact in Kazakhstan. It is a unique urban system with a high concentration of various industrial companies. The largest among them are: (i) Ulba metallurgical plant (UMP), which produces low-enriched uranium fuel pellets, beryllium and tantalum products, superconducting niobium-titanium alloys, and zirconium materials; (ii) lead-zinc plant (LZP) “Kazzinc”, a fully integrated producer of zinc as well as copper, precious metals and lead; (iii) Titanium-Magnesium Complex

(TMC), a set of companies producing titanium, magnesium, and additionally vanadium and scandium; (iv) two coal-fired power plants (Ust-Kamenogorskaya – CFPP and Sogrinskaya–SogCFPP). It is important to emphasize that UMP, LZP and CFPP are all situated within the Northern Industrial Zone (NIZ). One of the industrial development peculiarities in Ust-Kamenogorsk is the absence of a buffer zone between industrial and residential areas. No large-scale studies on trace element air pollution have yet been conducted on this type of the territory with such large groups of polluting companies.

In this research, as a bioindicator, the leaves of *Populus nigra* L. were selected, however, it is important that different species of poplar have been used to evaluate the consequences of technogenic impact, primarily heavy metal air and soil pollution, by various research teams since the 1950s. *Populus nigra* sp. *Italica* (Italian poplar) has been recommended as a specially suitable bioindicator of heavy metal burden in Europe. Another advantage of black poplar is its widespread distribution in cities of the former Soviet Union, including Ust-Kamenogorsk.

Leaf samples were collected from 101 locations (Fig. 30) in Ust-Kamenogorsk city from 15 to 26 August 2011.

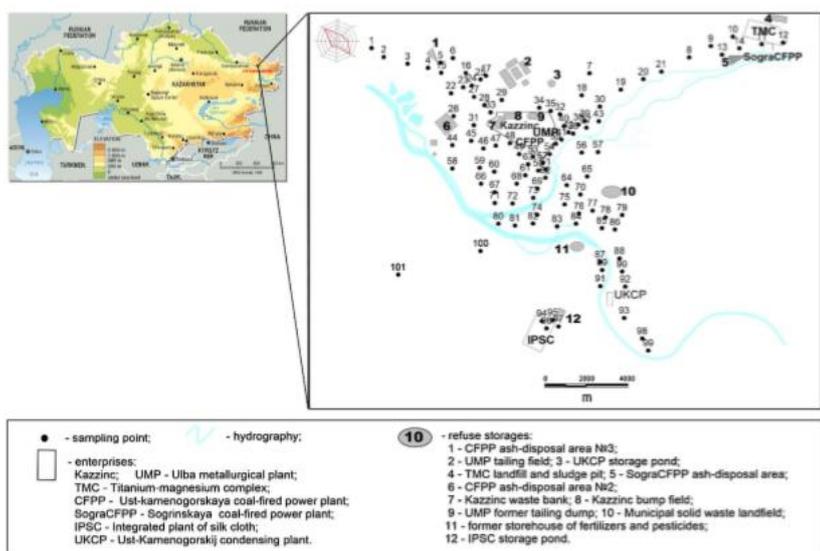


Figure 30 – Map illustrating the study areas and sampling locations in Ust-Kamenogorsk city

Sampling was conducted only after 5 days without rain. Strong wind (11 m/s) was only observed on August 25. It means the absence of increased flushing or displacement of particles from leaf surface. Sampling was conducted within a uniform network throughout the city, with a network in the vicinity of the major industrial plants.

The specificity of the elemental composition of black poplar (*Populus nigra* L.) leaves in Ust-Kamenogorsk lies in the fact that most chemical elements are distributed unequally with a significant difference between the minimum and maximum concentrations. Unequal distribution with a coefficient of variation of more than 70% is typical for Ag, As, Au, Be, Cr, Eu, Hf, Na, Nd, Sb, Ta, Tb, U. Among these Ag, Au, Be, Nd, Ta, and Tb show up having variation coefficients of more than 100%. Knowing the geoecological features of the city and the technological cycles of the major industrial companies, we are able to state that the leading factor in the formation of such a specificity is the man-made one. Among 29 elements studied, Ag, As, Na, Sb, Sr, Ta, U, Zn show increased concentrations.

Investigation of the soils and solid airborne particles deposited in snow on the same territory allowed us to make a conclusion that the specific elemental composition of poplar leaves is formed mostly under the influence of trace elements air pollution rather than soil contamination. Zinc is also able to pass from soil to foliage.

Study of changes in accumulation trends and the spatial distribution of the chemical elements showed that the principal source of Zn, Ag, Au, Sb is the lead-zinc plant “Kazzinc”, while Be, Ta, U come from the Ulba metallurgical plant.

Based on the information related to quantified elements, human toxicity and ecotoxicity impacts were calculated by means of USEtox model. The highest level of total toxicity (for human and ecosystems) was noted in the impact area of the northern industrial zone of Ust-Kamenogorsk (Fig. 31). Zinc emissions contribute most to the toxicity index (about 99%).

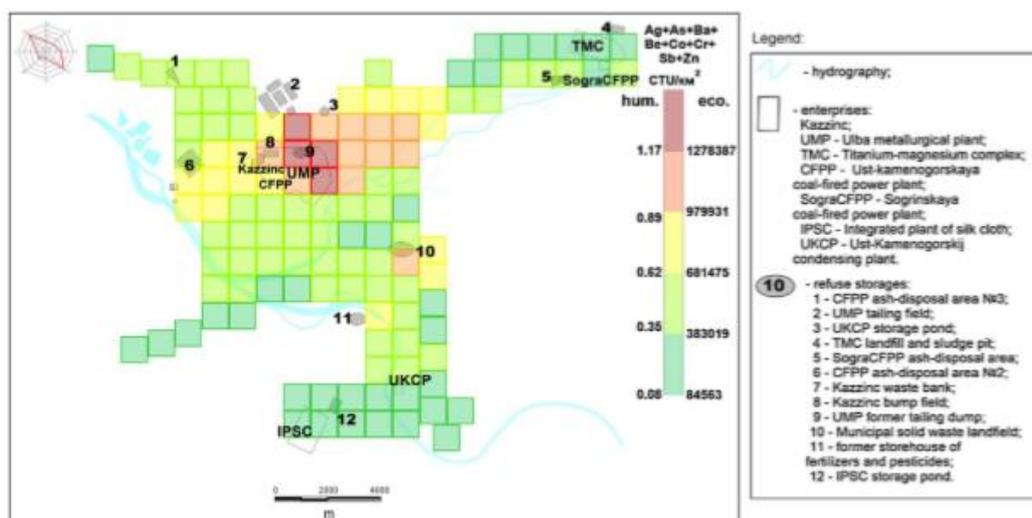


Figure 31 – The total toxicity (for human and ecosystem), calculated on the sum of elements (Ag, As Ba, Be, Co, Cr, Sb, Zn) on the territory of Ust-Kamenogorsk

Thus, an integrated methodology of bioindication and LCIA based on the study of black poplar leaves (*Populus nigra* L.) can improve and complement both methodologies and be used for a comprehensive study of the environment. It includes both an assessment of the territory and an assessment of the impact of industrial activity on it, followed by forecasting the influence on human health and the well-being of the ecosystem as a whole. Furthermore, it is possible to carry out regular surveys to monitor changes over time. Also the proposed combination of methodologies could be widely applied in other urban areas.

Nevertheless, this methodology has both advantages and disadvantages, and requires further elaboration. While calculating potential toxic effects, it is assumed that all elements were accumulated from the atmosphere. This problem could be solved by the introduction of a coefficient on the flow of the element from the air, but at the moment there is no method calculating it. Another disadvantage is the inability to take into account all the pollutants, in particular specific to the area, due to the lack of information in the database.

2 Mercury uptake into poplar leaves

Tailings require stabilization of mercury to prevent atmospheric contamination from evaporated mercury. Endogenous plant species stop growing in the tailing dump after mercury absorption that may impact on the local circulation of mercury. Stamenkovic and Gustin (2009) showed that plants are considered as a net sink and that atmospheric mercury is involved into the leaf tissue. Based on their work, there is a hypothesis that the vegetation offered by the poplar plantation will intercept part of the volatile mercury that is observed for a combination of other metals / tree. Therefore, the use of a supportive strategy would be a suitable and cost-effective method of stabilizing mercury and preventing potential releases to the environment and threats to the local population. Molina et al. (2006) suggested that differences in mercury uptake by vegetation cover depend on mercury content in soil and atmosphere, plant species, organs, and season. However, the results on absorption paths in plant biomass are also unclear because the data presented in the literature were obtained from various and mostly artificial exposure conditions using different levels of Hg and different plant species. [59].

The aim of this work is to assess the relative contribution of root and atmospheric pathways by growing poplar cuttings on either control or contaminated substrates, which thus emphasizes a natural rather than artificial effect.

The contaminated site was a tailing dump located in Saint-Symphorien-sur-Saone in the Burgundy region of France, with a total area of 12 hectares. From the 1950's to 2003, this site served as a storage area for sediments from the adjacent sedimentation basin. These sediments were originated from effluents produced during electrolytic processes based on an Hg cell chloralkali process that was used to produce chlorine until 2012. The tailings dump was confined by 5-m high dikes to preserve the surrounding environment and is composed of a multi-contaminated calcareous and alkaline anthropogenic soil. The control site was located at Montbeliard-France, 140 km away from the polluted site.

In May 2013, cuttings of *Populus trichocarpa* and *Populus maximowiczii* / var *Skado* were planted in 4-liter pots in either control or contaminated substrates.

The contaminated substrate was collected from the polluted site after taking the roots and surface vegetation cover and after homogenization of the first 20-cm layer. The control substrate was made from a mixture of loam and sand (50:50). Substrate subsamples were collected and freeze-dried to determine the Mercury initial concentrations (T0). Pots with poplar in the contaminated substrate were left for 66 days, and in the control substrate for 142 days. Pots were left for a longer period at the control site to reach detectable levels of Mercury in the leaves. A leaf age of one day was defined when a leaf has a foliar index equal to three (corresponding to open leaf).

Hg concentrations were measured in poplar leaves grown in pots on either control or contaminated substrates at either the contaminated or control site. At both sites, for the contaminated and control substrates, foliar Mercury concentrations significantly increased with age (Fig. 32). But in this study, the objective was only to record the concentration of mercury in woody tissues when exposed to the atmosphere in an urban environment and thus was not related to soil contamination with mercury.

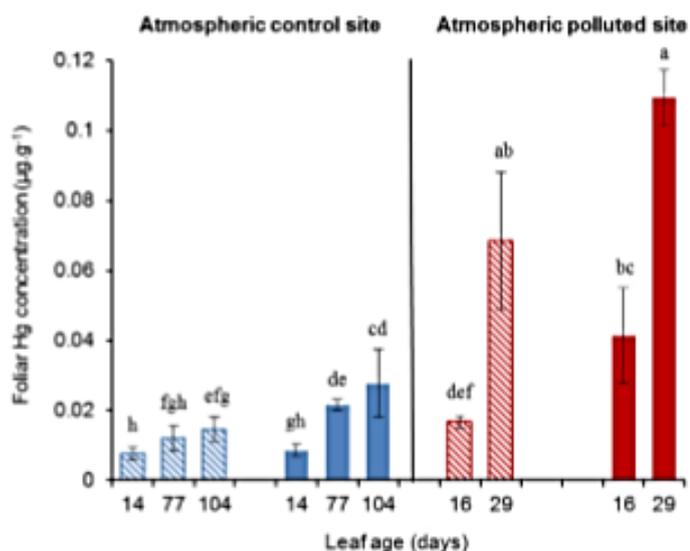


Figure 32 – Foliar Mercury concentration in the field experiment as a function of leaf age, substrate pollution, and atmospheric environment.

Concentrations have been recorded for 104 days at the atmospheric control site (left) and for 29 days at the atmospheric polluted site (right). Dashed bars: control

substrate, closed bars: contaminated substrate. Bars indicate means \pm standard deviation ($n = 5$) of Hg concentrations ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry mass). Significant differences ($p < 0.05$) are indicated through lettering.

When grown at the control site, Mercury concentrations were in the range from 10 to 30 ng g^{-1} dry mass but in the contaminated site reached 120 ng g^{-1} dry. At the polluted site, mercury accumulation in poplar leaves occurred significantly faster in the contaminated pots (5,2 ng g^{-1} dry mass per day) than that of the control pots (4,0 ng g^{-1} dry mass per day). The accumulation of mercury at the control site was significantly slower than that at the polluted site for both substrates, with 0,2 and 0,07 ng g^{-1} dry mass per day for the contaminated and control substrates, respectively. The measured chlorophyll content was significantly higher for poplar leaves from the contaminated substrate than from the control substrate at both the control and polluted sites.

In the next experiment mercury concentrations were measured in poplar leaves grown in pots on either the control or polluted substrates in growth chambers (Fig. 33). Poplars on the control substrate at ambient atmosphere grew first. Hg concentrations in poplar leaves reached a maximum of 34 ng g^{-1} dry mass at the end of the incubation period with a significant accumulation of 0,5 ng g^{-1} dry mass per day. Then poplars on either the control substrate or polluted substrate in a single growth chamber grew. Remarkably, we did not observe significantly different Hg concentrations in poplar leaves grown on either the control or polluted substrate under these conditions. Mercury concentrations in poplar leaves reached 110-120 ng g^{-1} dry mass at the end of the incubation period with a significant accumulation of 2,3 ng g^{-1} dry mass per day for each substrate type. Age effect was confirmed as discussed above, Mercury concentrations measured in the control or polluted substrates at the beginning and at the end of the experiment were not significantly different, which indicates that no massive evaporation related to temperature, microbial activity, or substrate moisture had occurred. Also mercury in the roots from poplar grown in control substrates was measured and a value of $15 \pm 4 \text{ ng g}^{-1}$

dry mass for the Hg atmospheric exposed growth chamber was found, which is not significantly different from the $11 \pm 1 \text{ ng g}^{-1}$ dry mass found for the control growth chambers.

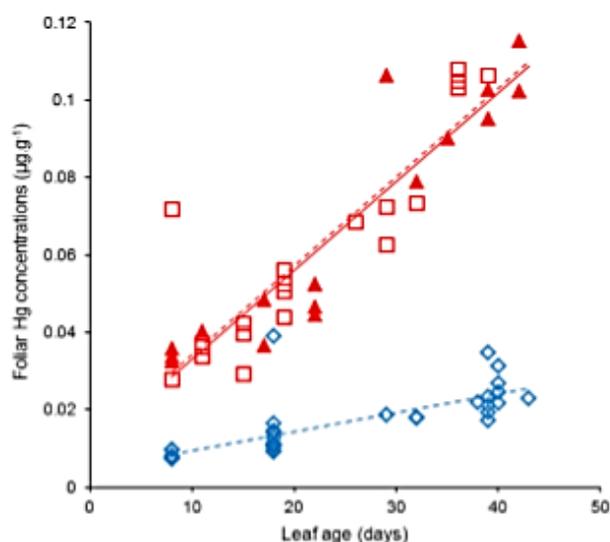


Figure 33 – Regression line for foliar Hg accumulation in leaves of poplar exposed to Hg. In the first experiment, Poplar Skado cuttings were planted in 3-L pots containing control substrate and grown for 45 days ($[\text{Hg}] = 0,0005 \text{ Leaf age} + 0,0046$, dotted blue line, total of 35 samples). In the second experiment, poplar cuttings were planted in either the control substrate ($[\text{Hg}] = 0,0023 \text{ Leaf age} + 0,0114$, dotted red line, total of 20 samples) or polluted substrate ($[\text{Hg}] = 0,0023 \text{ Leaf age} + 0,0099$, full red line, total of 16 samples) and left to grow for 46 days.

In both natural exposure and growth chamber experiments, Hg concentrations of control substrates were in the same order of magnitude as those described elsewhere. The concentrations of mercury in contaminated substrates were several orders of magnitude greater than those measured in control substrates. Despite this, mercury concentrations in leaves were found to be on the same order of magnitude, which suggests that mercury concentrations in leaves were not related to mercury substrate concentrations. The second set of experiments calculated that the atmospheric environment explained 69% of the total observed variability of the mercury content, whereas the age explained 23%; the treatment (polluted substrate versus control substrate) was not significant – 8%. The entire set of data prompted

to conclude that Hg entry into poplar leaves was exclusively through the atmospheric pathway when grown on non mixed substrate from contaminated substrate.

3 Foliage as a bioindicator of air pollution by particulate matter in Saint Petersburg

The growth of urbanization is accompanied by an increase in atmospheric air pollution; thermal power plants, industrial enterprises and, often to a greater extent, emissions of motor vehicles can serve as its sources. It is especially obvious in countries where the control and management of environmental impact processes are at a low level. Air pollution negatively affects public health, thereby worsening the socio-economic situation in cities [60].

In St. Petersburg over the past 30 years, especially since 2009, the emissions of pollutants into the atmospheric air have significantly increased, which were accompanied by an increase in the incidence of the population. The Central District, characterized by a high density of urban development and large road traffic flows, has the highest non-carcinogenic risk index for the period of 2010-2015.

Phytoindication is one of such methods that allows obtaining information on the qualitative characteristics and chemical composition of particles deposited on the surface of plant leaves. To do this, samples of leaves are divided into two parts, one of which is washed. The difference in the concentrations of chemical elements in unwashed and washed leaves will show what part of them was deposited on the surface of the leaves. The goal of this study is to find out what proportion of air pollutants is included in the structure of leaves of different trees and shrubs, and which is deposited on their surface.

Objects of research in the Central District of St. Petersburg are the tree species widely used in city landscaping: *Tilia cordata*, *Populus sp*, as well as less common trees and shrubs: *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Syringa vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Berberis vulgaris*, *Syringa josikaea*, *Rosa rugosa*. In total, 22 samples of urban plants were studied. Shrubs grew on the Field of Mars (Marsovo Polye), woody plants grew in different types of urban planting: gardens, parks, street plantings. Sampling was carried out in August 2006, when for a long time there has

been a dry period with no rain. Medium samples of leaves without petioles were taken, at a height of 1-2 m from the soil surface along the entire perimeter of crowns from 3-5 neighboring trees or shrubs. Samples were divided into 2 parts, one part has been washed in running tap water for 10 s. Then the samples were placed in paper bags with labels and dried to air dry condition.

The determination of the chemical composition of the plant ash was carried out by the atomic emission method with inductively coupled plasma (ICP AES) for the following elements: Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Co, Cd, Ba, Sr.

The average values of the chemical elements content in the leaves of *Tilia cordata* presented in fig. 34, show the highest concentrations for Fe, Mn, Zn, Cu. The amount of such biophilic element as Mn in leaves of background samples is higher than in urban areas, while all other elements in urban plants are higher than in background ones. It indicates a violation of the zonal biological circulation of trace elements due to anthropogenic effects. Paired t-test demonstrated significance of difference between washed and unwashed leaves for all investigated elements except for Sr.

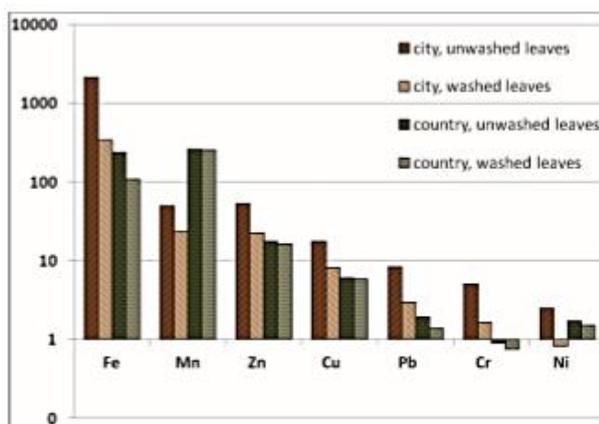


Figure 34 – Average values of the chemical elements content in the leaves of *Tilia cordata* in urban and background habitats (mg/kg of dry matter; logarithmic scale)

Washout, the difference between the concentrations of chemical elements of unwashed and washed leaves of *Tilia cordata*, expressed as a percentage of the weight of these elements in unwashed samples, is very significant. For all elements

except Sr, it is close to 50% or exceeds this value (Fig. 35). It means that most of the chemical elements are on the surface of the leaves and washed away from it. The predominant elements washed out from the leaves of urban lindens are Fe (78.8%), Co (78.5%), Cr (62.9%), Ni (61.8%), Ba (59.0%), Pb (58.2%), which are the main pollutant elements. Biophilic elements have slightly lower, but rather high washout values: Zn (49.8%), Mn (46.8%), Cu (48.0%), due to their technogenic penetration. Sr, despite the high content in the leaves, varies greatly in index of washing, so its average value is the lowest (4.9%). For all elements except Sr, the difference in the t-test of comparing means is significant between washed and unwashed leaves.

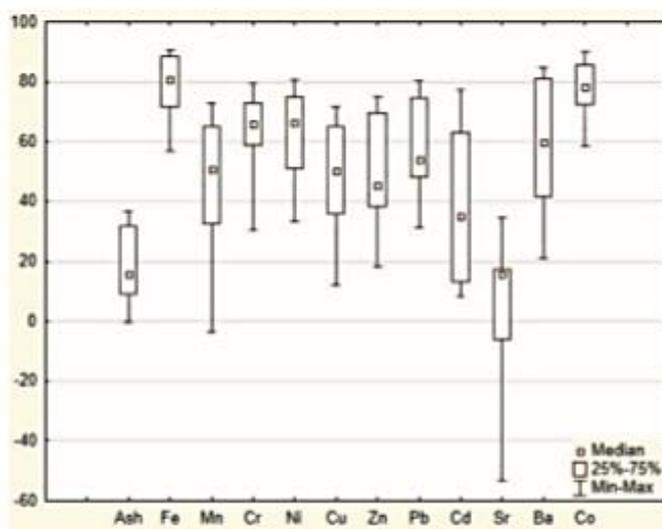


Figure 35 – Average percentage of chemical elements washout from *Tilia cordata* leaves for urban habitats

Concentration coefficient was used to assess the urban plants leaves contamination. High average values are characteristic for unwashed leaves of *Tilia cordata* in Fe (8.83), Co (7.47), Cr (5, 62), Pb (4.31), Zn (3.04). The total indicator of Zc pollution varies from 1,7 to 7.91 with average value 4.59. For washed leaves such high values of contamination are not observed; slightly higher values are only for Fe (3.12) and Pb (2.13), Zc varies from 1.57 to 2.9, with average value 2.34, which confirms the fact that most of the pollutants exist in dust-like particles on the leaf surface.

Comparison of the obtained data with the content of chemical elements in the «Reference plant» (Markert 1992) showed that the Fe content for all samples exceeds the baseline level, which is explained by a significant anthropogenic load. Low level of Mn is observed in leaves of urban trees and shrubs and demonstrates violation of the Fe / Mn ratio – the excess of Fe concentration leads to a deficiency of Mn.

Percentage indicators of substances washed away from the surface of investigated species of trees and shrubs leaves are presented in Fig. 36. The average values of these indicators for all studied plants for each chemical element are arranged in the following row: Fe (63.8%), Co (57.4%), Cr (37.3%), Pb (36.7%), Ni (35.7%), Cu (34.7%), Ba (28.9%), Zn (25.2%), Mn (17.9%), Cd (11.6%), Sr (3.7%).

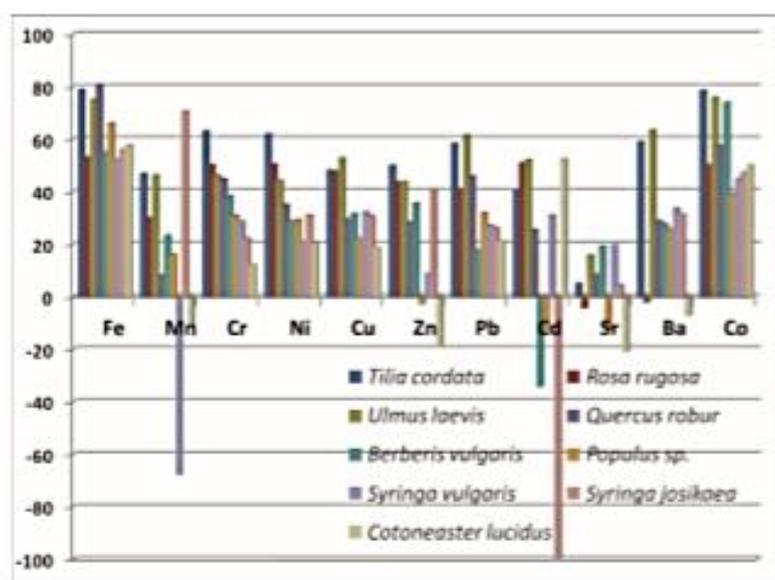


Figure 36 – Percentage of chemical elements, which were washed away from the leaves of different plant species. Note: Negative values of washout show that the content of chemical elements in washed leaves is higher than in unwashed ones

The maximum values of the average washout index for all investigated chemical elements were noted in *Tilia cordata* (53.6%) and *Ulmus laevis* (52.3%). *Rosa rugosa* (37.2%) and *Quercus robur* (35.6%) are significantly behind them.

Minimum washout value is for *Cotoneaster lucidus* (15.6%), with smooth and hard leaves. For other species, this index varies from 21 to 28%. Probably, these indicators depend on both species features and the degree of air pollution in these cities.

As a result of the research conducted to assess the influence of atmospheric pollution on the chemical composition of leaves of urban plants, the following conclusions are obtained:

- The average values of the difference between the ash content of unwashed and washed leaves for city and background linden samples differ by 4 times, which indicates the increasing of particulate matter quantity on the surface of urban plants leaves. *Tilia cordata* and *Ulmus laevis* have the highest value of ash content between unwashed and washed leaves.

- High concentrations of Fe, Zn, Cu and low Mn values for *Tilia cordata* unwashed leaves in the city indicate a violation of the biological circulation of microelements due to anthropogenic effects.

- More than half of the content of Fe, Co, Cr, Ni, Ba, Pb was washed off from the leaves of urban *Tilia cordata*. Washout for background *Tilia cordata* leaves averages 10%. High washout values are for *Ulmus laevis* leaves (52.3%), slightly lower – for *Rosa rugosa* (37.2%) and *Quercus robur* (35.6%).

- Sr content in the leaves of all studied species is high, but urban values differ little from background values that indicates a natural source of its entry into plants. The washout for this element is minimal.

- The level of plants contamination showed high values for Fe (8.83), Co (7.47), Cr (5.62), Pb (4.31), Zn (3.04) for unwashed leaves of *Tilia cordata*. For the washed leaves, slightly increased values were only for Fe (3.12), Cr (2.16) and Pb (2.13). For all other species of plants Pb, Cr, Cu show that the coefficient exceeds 1 for unwashed and washed leaves. *Ulmus laevis*, *Populus sp.*, and *Rosa rugosa* accumulate more chemical elements than other species.

Results of the study showed the most of pollutants – Fe, Co, Cr, Ni, Ba, Pb are deposited on the surface of the leaves and can be washed off into the soil with

precipitation. Different types of trees and shrubs accumulate pollutants in different ways, most of all they are accumulated by leaves of *Ulmus laevis*, *Tilia cordata*, *Populus sp.*, *Rosa rugosa*. One can recommend them for use in green areas, creating protective vegetation strips along the obviously dangerous point and line technical objects, with the aim of improving the ecological situation in general and protecting the health of the local population in particular. *Tilia cordata* can be used as bioindicator of city air pollution.