

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

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

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Эколого-геохимический анализ территории города Иркутска по данным изучения листьев тополя</b>

УДК 504.7:574:504.4:581.45(571.53)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юсупов Дмитрий Валерьевич	кандидат геолого-минералогических наук, доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Трубникова Наталья Валерьевна	доктор исторических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Будницкая Юлия Юрьевна	кандидат технических наук		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Барановская Наталья Владимировна	доктор биологических наук, доцент		

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

Направление подготовки (специальность) 05.04.06 «Экология и природопользование»

Уровень образования магистратура

Отделение геологии

Период выполнения (весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы в форме магистерской диссертации  
 студента гр. 2ГМ71 Сербяевой Кристины Николаевны на тему: «Эколого-геохимический  
 анализ территории города Иркутска по данным изучения листьев тополя»

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2019	<i>Глава 1 Литературный обзор по теме диссертации</i>	10
30.03.2019	<i>Глава 2 Экономико-географическая и геоэкологическая характеристика территории Иркутска</i>	20
20.04.2019	<i>Глава 3 Объект и методы исследования</i>	10
18.05.2019	<i>Глава 4 Эколого-геохимическая оценка территории Иркутска по данным элементного состава золы листьев тополя</i>	30
31.05.2019	<i>Глава 5 Социальная ответственность</i>	15
31.05.2019	<i>Глава 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юсупов Д. В.	доцент, К.Г.-М.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Барановская Н. В.	Доктор биологических наук, доцент		

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ 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
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна

Тема работы:

«Эколого-геохимический анализ территории города Иркутска по данным изучения листьев тополя»

Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.02.2019, № 1063/с
---	----------------------

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Публикации, фондовые источники, интернет ресурсы, самостоятельно собранный материал.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Биогеохимические критерии оценки экологического состояния окружающей среды урбанизированных территорий;</li> <li>2. Физико-географическая и геоэкологическая характеристика территории г. Иркутск;</li> <li>3. Объект и методы исследований;</li> <li>4. Эколого-геохимическая оценка территории Иркутска по данным элементного состава золы листьев тополя;</li> <li>5. Социальная ответственность;</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Карта-схема опробования, карты пространственного распределения элементов в золе листьев тополя на территории г. Иркутск.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Будницкая Юлия Юрьевна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">Трубникова Наталья Валерьевна</p>
<p>Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке</p>	<p style="text-align: center;">Щеголихина Юлия Викторовна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>  Biogeochemische Kriterien zur Beurteilung des ökologischen Zustands der Umwelt in städtischen Gebieten</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p style="text-align: center;">15.10.2018</p>
--	---

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">доцент</p>	<p style="text-align: center;">Юсупов Дмитрий Валерьевич</p>	<p style="text-align: center;">кандидат геолого-минералогических наук, доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">2ГМ71</p>	<p style="text-align: center;">Сербаева Кристина Николаевна</p>		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение геологии</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемым методам</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов согласно сборнику сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2 «Геолого-экологические работы»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Страховые взносы – 30 % НДС – 20 %</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Технико-экономическое обоснование проведения исследований Линейный график выполнения работ</i>
--	---

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Линейный календарный график выполнения работ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Трубникова Наталья Валерьевна	Доктор исторических наук, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна

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

Тема ВКР:

«Эколого-геохимический анализ территории города Иркутска по данным изучения листьев тополя»	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. 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. Иркутск. Полученные в ходе работы данные могут быть использованы для создания программы работ в Иркутском 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:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, 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 12.4.124-83, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.4.009-83, НПБ 105-03,
<b>2. Производственная безопасность:</b> 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, нервно-психические перегрузки. Опасные факторы: электрический ток, пожарная опасность.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	В данном типе работ негативного влияния на окружающую среду не происходит.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможной и наиболее типичной ЧС является пожар на рабочем месте.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД ШБИП	Будницкая Юлия Юрьевна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра объемом 107 страниц машинописного текста состоит из введения, 6 глав, заключения и приложения; работа проиллюстрирована 21 таблицей и 21 рисунком. Список литературы насчитывает 111 источников.

Ключевые слова: эколого-геохимическая оценка, элементный состав, листья тополя, урбанизированная территория, Иркутск.

Объект исследований: листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на территории г. Иркутск.

Предмет исследований: химический и минеральный состав листьев на территории г. Иркутск.

Цель дипломной работы: провести эколого-геохимическую оценку состояния территории г. Иркутск и выявить возможные источники воздействия на ее состояние, используя биогеохимические методы исследования.

В первой декаде сентября 2014 г. на территории г. Иркутск отобрано и обработано 29 проб листьев тополя. Пробы проанализированы при помощи инструментального нейтронно-активационного анализа, помимо этого проведены электронно-микроскопические исследования вещественного состава.

Данные лабораторных исследований обработаны с использованием программ Microsoft Excel, Statistica, построение карт-схем пространственного распределения элементов на территории г. Иркутска производилось в программах Surfer и Corel Draw.

Область применения: полученные фактические данные и результаты могут быть использованы для подготовки программы работ по проведению биогеохимического мониторинга состояния окружающей среды г. Иркутск.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- БПК<sub>5</sub> – биохимическое потребление кислорода;
- ГОСТ – государственный стандарт;
- ГЭС – гидроэлектростанция;
- ИНАА – инструментальный нейтронный активационный анализ;
- МЭ – микроэлементы;
- НПБ – нормы пожарной безопасности;
- ОДК – ориентировочно допустимая концентрация;
- ПДК – предельно допустимая концентрация;
- РЗЭ – редкоземельные элементы;
- РЭМ – растровая электронная микроскопия;
- СанПиН – санитарные правила и нормы;
- СН – санитарные нормы
- СНИп – строительные нормы и правила;
- ТЭЦ – тепловая электростанция;
- УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды;
- Ф – фон
- ФЗ – федеральный закон;
- ХПК – химическое потребление кислорода;
- ЧС – чрезвычайная ситуация;
- ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	12
1 БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....	15
2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ Г. ИРКУТСКА .....	22
2.1 Физико-географическая характеристика г. Иркутска .....	22
2.2 Геоэкологическая характеристика г. Иркутск .....	26
2.2.1 Состояние атмосферного воздуха .....	28
2.2.2 Состояние поверхностных и подземных вод .....	30
2.2.3 Состояние почв.....	34
3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	37
3.1 Отбор проб листьев .....	37
3.2 Аналитическое обеспечение исследований .....	38
3.2.1 Инструментальный нейтронно-активационный анализ.....	38
3.2.2 Электронно-микроскопические исследования .....	41
3.3 Методика обработки аналитической информации .....	42
4 ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКА ПО ДАННЫМ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЗОЛЫ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ .....	43
4.1 Общая биогеохимическая характеристика территории .....	43
4.2 Результат растровой электронной микроскопии .....	54
4.3 Интегральная оценка содержания элементов в золе листьев тополя .....	56
4.4 Расчет коэффициента биогеохимической трансформации .....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	60
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	63
5.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объемы работ.....	63
5.2 Расчет затрат времени и труда на научно-исследовательскую работу ..	66
5.3 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы .....	67
5.4 Расчет затрат на оплату труда .....	68

5.5 Расчет амортизационных отчислений .....	69
5.6 Расчет затрат на подрядные работы .....	70
5.7 Общий расчет сметной стоимости научно-исследовательской работы .	70
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	72
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	73
8.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства. ....	73
8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	74
8.2 Производственная безопасность .....	74
8.3 Экологическая безопасность .....	80
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. ....	81
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА .....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	96

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Современный процесс урбанизации и связанный с ним ряд экологических проблем вызывает необходимость индикации и объективной оценки состояния городской среды [60].

Ввиду того, что большинство растений, произрастающих на урбанизированных территориях подвержены антропогенному влиянию, они способны выступать в роли индикаторов состояния окружающей среды и отражать ее геохимическую специализацию [64].

Доказано [64, 66, 67] что листья деревьев активно накапливают загрязняющие вещества из сопряженных сред – приземного атмосферного воздуха и почвы, поэтому, их можно считать хорошим биогеохимическим индикатором техногенной трансформации состояния городской среды.

В пользу использования растений в качестве биогеохимических индикаторов состояния окружающей среды говорит и тот факт, что они накапливают в себе рассеянные и радиоактивные элементы, концентрации которых в биосфере увеличивается в связи с нарастающим использованием их в производстве.

**Цель работы.** Провести эколого-геохимическую оценку состояния территории г. Иркутск и выявить возможные источники воздействия на ее состояние, используя биогеохимические методы исследования.

Достижение поставленной цели возможно на основе решения следующих задач:

- изучить и проанализировать научную и методическую литературу по теме исследования;
- отобрать пробы листьев тополя на территории г. Иркутск для лабораторных аналитических исследований;
- осуществить пробоподготовку для лабораторных исследований;
- определить химический состав золы листьев тополя методом инструментального нейтронно-активационного анализа;

- определить вещественный состав поверхности листа тополя с помощью растровой электронной микроскопии;
- провести статистическую обработку полученных данных;
- построить и проанализировать карты-схемы пространственного распределения приоритетных элементов;
- сделать выводы и выявить возможные техногенные источники, влияющие на формирование химического состава листьев.

**Объектом исследования** являются листья тополя бальзамического (*Populus Balsamifera* L.) на территории г. Иркутск.

**Предметом исследования** является химический и минеральный состав листьев на территории г. Иркутск.

**Научная новизна работы:**

- впервые определены минеральный состав и формы нахождения химических элементов в листьях тополя на территории г. Иркутск.
- построены карты-схемы пространственного распределения химических элементов в золе листьев тополя, иллюстрирующие экологическое состояние окружающей среды г. Иркутска;
- дана интегральная оценка концентраций химических элементов в золе листьев тополя;
- рассчитан коэффициент биогеохимической трансформации растений.

**Практическая значимость работы:**

- полученные результаты могут быть использованы при проведении биогеохимического мониторинга, а также для определения источников загрязнения и принятия управленческих решений, направленных на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

**Фактические материалы и методы исследования**

Листья тополя на территории г. Иркутск были отобраны в первой декаде сентября 2014 г по равномерной площадной сети в масштабе 1:200000 (шаг опробования 2 × 2 км).

Отбор проб осуществлялся с приблизительно одновозрастных деревьев. Всего в ходе работы отобрано и проанализировано 29 проб.

Определение содержания химических элементов в золе листьев тополя производилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории на ядерном реакторе ИРТ-Т ТПУ (аналитики Судыко А.Ф и Богутская Л.В.).

Минеральный состав проб листы тополя изучался в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета (аналитик Дорохова Л. А.).

### **Апробация работы**

Результаты работы докладывались на XXIII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М. А. Усова в 2019 г. (Томск).

**Объем и структура диссертации:** работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, содержит 21 таблицу, 21 рисунок, приложение. Объем рукописи – 107 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 и Богутской Ларисе Васильевне.

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

Автор выражает благодарность доктору геолого-минералогических наук, профессору Леониду Петровичу Рихванову за рекомендации и ценные советы.

# 1 БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Растущие темпы урбанизации, концентрация населения, промышленных и транспортных объектов на небольших территориях в сочетании с большими объемами выбросов вредных веществ выводят на передний план проблемы загрязнения городской среды (Кошелева и др., 2012).

В настоящее время половина населения планеты проживает в городах (Власов, 2015). Города являются центрами концентрации значительных масс техногенных веществ, поступающих в окружающую среду с промышленными, транспортными и муниципальными выбросами, отходами и стоками. В городской среде эти продукты хозяйственной деятельности человека формируют локальные и региональные техногенные аномалии загрязняющих веществ в компонентах ландшафтов (Кошелева и др., 2013).

В этой связи важнейшей задачей изучения экологического состояния городов является поиск адекватных индикаторов, с помощью которых можно составить экологический портрет любого города (Битюкова и др., 2011).

Методологической основой использования геохимических методов при экологической оценке городов является представление о том, что техногенные потоки веществ рассеиваются, аккумулируются и транспортируются через природные компоненты окружающей среды. Поэтому чаще всего вывод об экологическом состоянии делается на основе анализа одного или нескольких компонентов городского ландшафта (Сорокина 2013).

Идея о том, что биогеохимический мониторинг может выступать в роли специализированного научного подхода при оценке современного состояния и прогноза изменения ландшафтов и геосистем под воздействием техногенеза и загрязнения химическими элементами возникла в конце 80-х – начале 90-х гг. XX в. (Ивашов, 1988; 1992).

Специфические реакции на техногенное загрязнение делают живые организмы важным звеном комплексной эколого-геохимической индикации (Баргальи, 2005). Растения отражают геохимическую специализацию окружающей среды и способны выступать индикаторами её состояния (Юсупов Д. В. [и др.], 2016).

Преимущества растений, по сравнению с изучением человека или животных заключается в том, что они ведут прикрепленный образ жизни и на них не воздействуют дополнительные факторы, такие как наличие вредных привычек и т.д. Все это способствует тому, что растения способны более точно, чем животные или люди отражать локальные загрязнения (Ялалтдинова, 2015).

Использование растений в биогеохимических исследованиях имеет давнюю историю. (Юсупов [и др.], 2016). Если не учитывать период, когда растения использовали для целей поиска полезных ископаемых, то можно сказать, что широкое их использование в биогеохимических исследованиях началось после 60-х годов 20 века, с того момента, когда два шведских эколога Тайлер и Рухлинг (Rühling, Tyler, 1968) воспользовались мхами, как индикаторами загрязненности тяжелыми металлами. Приблизительно в это же время в литературе стали упоминаться случаи использования листьев высших растений при оценке состояния окружающей среды на территории городов. Так, например, в качестве объекта, отражающего загрязненность города свинцом, были использованы листья Бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.) (Everett, 1967).

В дальнейшем растительность часто использовалась в качестве индикатора изменения природной среды, этот факт иллюстрируется в работах А.И. Перельмана, В.В. Ковальского, М.А. Глазовской, В.В. Добровольского, В.В. Ермакова и по-прежнему остается актуальным для многих ученых в наши дни (Черненькая, 2016). Важный вклад в биогеохимические исследования растительности внесли исследователи Биогеохимической лаборатории «БИОГЕЛ»: Яншин А. Л., Ермаков В. В., Саенко Г. Н., Малыгин М. А., а также

Алексеевко В. А. и многие другие. Если говорить о становлении такого направления как биогеохимия техногенеза, то здесь мы обязаны профессору Саеу Ю. Е. (Геохимия ..., 1990).

С 70-х гг. XX в. Для целей экологического мониторинга активно используют различные части высших растений: листья, кору, кольца деревьев, с помощью которых оценивают состояние атмосферного воздуха вдоль промышленных объектов, автомобильных дорог, а также в городской среде (Баргальи, 2005; Рихванов [и др.], 2015).

Растительность – весьма чувствительный компонент, аккумулирующий в себе как воздушное, так и почвенное загрязнение. Существенным преимуществом растительности как биоиндикатора заключается в том, что она суммирует все биологически важные данные об окружающей среде и отражает ее состояние в целом; к тому же использование растительности как биоиндикатора позволяет устранить трудную задачу применения дорогостоящих методов исследования; исключить невозможность фиксирования залповых и кратковременных выбросов токсикантов; указывает пути и места скопления в экосистемах различного рода загрязнений, а также позволяет судить о степени вредности веществ для живой природы (Черненкокая, 2016).

В качестве биогеохимических индикаторов загрязнения используются различные виды растений и их части (Торопов [и др.], 2016). Наибольшей популярностью при биогеохимическом мониторинге в настоящее время пользуются виды тополей (*Populus* spp.) (Ялалтдинова, 2015), лип *Tilia*, берез *Betula*, дубов *Quercus*, сосен *Pinus*, елей *Picea*, кленов *Acer* и других растений (Баргальи, 2005).

Такое широкое использование древесных растений в биогеохимических исследованиях обосновывается рядом их преимуществ, таких как: отсутствие трудностей с идентификацией видов, широкое географическое распространение (в большинстве случаев благодаря деятельности человека),

что позволяет создать сеть отбора достаточно высокой плотности, а также толерантность к загрязнению (Баргальи, 2005).

По сравнению с лишайниками и мхами, эффективность которых для целей биомониторинга была доказана в ряде работ (Wittig, 1993), высшие растения выигрывают за счет того, что они произрастают даже на высокоурбанизированных территориях, они доступны для отбора необходимого для анализа объема пробы, а также возможности идентификации видов даже не специалистами (Ялалтдинова, 2015).

По сравнению с другими частями растений листья наиболее часто применяются для биомониторинговых исследований (Каракаева [и др.], 2013).

Многими исследователями (Гиниятуллин, 1995; Кулагин, Шагиева, 2005; Петрунина, Ермаков, 2006; 2012) отмечается тот факт, что листья растений по сравнению с другими их частями (древесиной, ветками и т.д.) занимают ведущие позиции в поглощении выбросов автотранспорта, промышленных объектов, а также способны объективно отражать загрязнение среды тяжелыми металлами (Есенжолова, 2013).

Листья выступают своеобразного природного планшета, аккумулирующего на себе загрязнения из сопряженных геосферных оболочек. Все это возможно благодаря ряду морфологических особенностей листьев таких как шероховатая поверхность, наличие на листовой пластине воска, возможность диффузии загрязняющих веществ через устьица и мн. др. Благодаря всем этим особенностям листья способны отражать интенсивность техногенного воздействия на экосистемы (Ялалтдинова, 2015).

Преимуществом сезонных лиственных пород, над хвойными является тот факт, что они подвергаются загрязнению лишь в вегетационный период, а, следовательно, возможно определять интервал времени накопления загрязняющих веществ (Wills, 1978; Guideline..., 2009 и др.).

Несмотря на то, что в течение вегетационного периода степень загрязненности поверхности листа меняется (как за счет привноса частиц техногенного и почвенного происхождения, так и за счет смыва осадками и

выноса сильным ветром), предполагается, что количественный характер загрязнения сохраняет свою зональную изменчивость, отражает особенности рельефа, а также расположение источников загрязнения и сезонную розу ветров (Ковнацкий и др., 1990 и др.).

Существуют несколько основных точек зрения, относительно поступления химических элементов в органы высших растений, в частности в листья.

Изначально в биогеохимических исследованиях растительности применялась для выявления месторождений полезных ископаемых, то есть как компонент, отражающий элементный состав подстилающих пород и геохимических особенностей почвы (Ткалич, 1938; Ковалевский, 1984; Алексеенко, 2000 и др.).

Позже ряд авторов выразили свое несогласие с использованием растений, как компонентов, отражающих состояния почв. К. Рейман, Дж. Мертенс обращали внимание на тот факт, что пока не существует ни одного метода экстракции, позволяющего напрямую отражать поступление элементов из почвы для всех элементов во всех растениях. Другие ученые, в частности Н. С. Касимов, обращали внимание на видовые различия, избирательность накопления, а также на барьерные принципы при поглощении элементов корневой системой.

Согласно второй точке зрения, большая часть загрязняющих веществ поступает в растения из атмосферы. Пылевидные частицы, содержащиеся в воздухе во взвешенном состоянии, оседают на листовую покров под действием гравитационных сил (Зволинский [и др.], 2015), либо с осадками (Ялалтдинова, 2015).

Листовая пластина выступает в роли своеобразного воздушного насоса, позволяющего растениям поглощать и накапливать поллютанты, которые поступают в окружающую среду с промышленными выбросами (Торопов [и др.], 2017).

При этом степень поглощения загрязняющих веществ из воздуха зависит не только от самих растений, но и от условий и характера загрязнений. Важнейшими характеристиками растений в данном случае являются: форма и размер их листьев, волосистость листовой пластины, степень ее покрытия воском, а также архитектура кроны и положение в ней листьев. Важнейшими характеристиками условий и характера загрязнений являются размеры частиц загрязняющих веществ, их концентрации, температура окружающей среды, а также степень освещенности (Есенжолова, 2013).

Поступающие на поверхность листа аэрозольные частицы не в полном объеме сохраняются на его поверхности, часть из них смывается со следующим дождем (Ялалтдинова, 2015), другая их часть способна закупоривать устьица, осаждаясь на поверхности листа, увеличивая таким образом уязвимость некоторых растений к действию загрязнителей вследствие подавления фотосинтеза и транспирации. Частицы способны также проникать внутрь листьев. Газообразные поллютанты проникают через устьица в межклеточные пространства листа (Баргальи, 2005).

В настоящее время наибольшей популярностью пользуется версия о том, что растения отражают комплексное воздействие, как почвы, так и приземного слоя атмосферы (мокрое и сухое осаждение) (Ялалтдинова, 2015). Некоторые ученые пошли еще дальше и отмечали в своих работах, что влияние на растительность оказывают не только почва и атмосфера, но и все сопряженные геохимические среды (Уфимцева [и др.], 2008).

Не смотря на то, что биогеохимические работы ведутся на протяжении многих лет, на сегодняшний день остается открытым вопрос поиска наиболее чувствительных индикаторов, которые позволили бы проводить комплексные исследования, отражающие интенсивность техногенного воздействия, особенно на территориях с активным техногенезом (Барановская, 2003).

Одним из древесных видов растений, который сумел зарекомендовать себя как эффективный биоиндикатор в работах ряда ученых, таких как

Ялалтдинова А. Р., Юсупов Д. В., Барановская Н. В. и др. является тополь (*Populus* spp.).

Известно, что пылеосаждающая эффективность листьев в первую очередь обусловлена видовыми особенностями строения листа (размер, изрезанность, наличие складчатости и опушения и т.д.) (Ерохина и др., 1987). Очевидно, что наиболее эффективно пыль улавливается крупными деревьями, обладающими мощной, густо облиственной кроной (Агеева и др.). Тополь имеет самую высокую устойчивость к газам (устойчивость к задымлению и повышенная способность к газообмену (Васильев, 1973; Бакулин, 2005)), помимо этого, преимуществом данного вида древесных растений является быстрый рост, частое использование для озеленения городских территорий в умеренном климатическом поясе. За счет хорошей проводящей системы листья тополя способны накапливать в себе элементы из почвы, а за счет особенностей строения листа (шероховатости поверхности, наличия клейкого воска, расположения устьиц по обеим сторонам листовой пластинки) улавливают пылеаэрозоли из атмосферного воздуха. К тому же листья отражают кратковременное накопление загрязняющих веществ (4–5 месяцев) концентрирование загрязняющих веществ имеет кратковременный период накопления (4–5 месяцев) (Юсупов Д. В. [и др.], 2016).

В пользу листьев тополя, как информативных индикаторов говорит и тот факт, что они обладают значительной массой и площадью поверхности, что позволяет им улавливать из атмосферного воздуха значительное количество токсичных компонентов и очищать воздух от вредных примесей. Все вышеперечисленные факты позволяют рассматривать листья тополя как важный объект для биогеохимических исследований городских территорий в умеренных широтах и дает возможность проводить отбор проб листвы по равномерной сети в различных масштабах и картировать результаты биогеохимической съемки (Юсупов Д. В. [и др.], 2016).



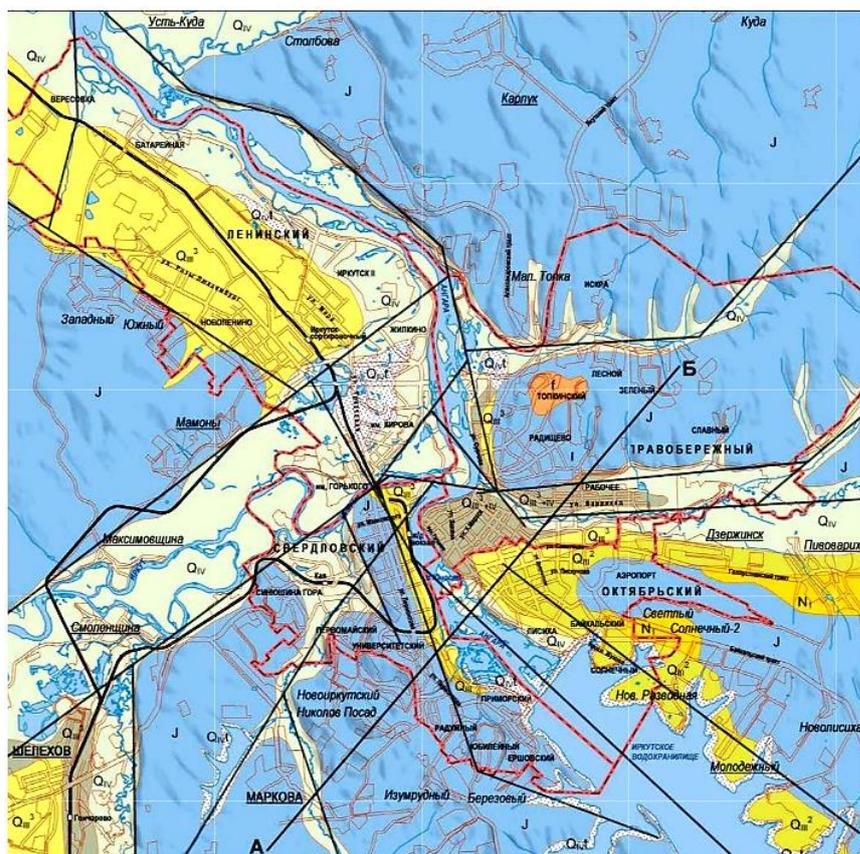
амфитеатром, и древнего складчатого обрамления, или Байкальской рифтовой зоны.

Непосредственно город Иркутск расположен в наиболее пониженной части Иркутского амфитеатра, который является южным выступом древней Сибирской платформы, окруженным горно-складчатым обрамлением Саяно-Байкальской горной области [22].

Большая часть города сложена юрскими образованиями, а также чехлом четвертичных отложений с максимальной мощностью до 30 м различного генезиса – аллювиального, делювиального, пролювиального, элювиального. Породы юрской формации сложены сильно выветрелыми, трещиноватыми отложениями, представленными песчаниками, алевролитами и аргиллитами, переслаивающимися с горизонтами углей различной мощности и глин. Коренные породы повсеместно представлены юрскими бескарбонатными песчаниками, переслаивающимися со слоями алевролитов, иногда аргиллитов, глин и глинистых сланцев с маломощными прослоями каменного угля [7].

В юго-западной части территории обнажаются нижнекембрийские известняки и доломиты, надвинутые на юрские песчаники. На правобережье р. Ангары в западной части водораздела Ушаковка-Топка на юрских породах сохранились остатки глинистой палеогеновой коры выветривания, которая вскрывается почвенными разрезами на глубине 1-2 м от дневной поверхности и представлена светлыми бело-желтыми бескарбонатными глинами.

На Ангаро-Ушаковском водоразделе, восточнее плотины Иркутской ГЭС локально сохранились плиоценовые бурочетные бескарбонатные глины. В долинах рек юрские породы перекрываются песчано-галечным русловым аллювием, который вверх по разрезу сменяется слоистыми песчано-суглинистыми пойменными отложениями [22].



 $Q_{IV}$	техногенные отложения: суглинки, гравий, щебень, строительный мусор и др.	 $N_1$	плиоценовые отложения: глины, суглинки, пески
 $Q_{IV}$	голоценовые отложения речных пойм: галечники, пески, гравий, супеси, глины	 $f$	палеогеновая кора выветривания: монтмориллонитовые глины, супеси
 $Q_{III-IV}$	верхнеплейстоцен-нижнеголоценовые отложения первой речной террасы: галечники, пески, гравий, суглинки	 $J$	юрские отложения: конгломераты, песчаники, прослои каменного угля, сланцы, галечники
 $Q_{III}^3$	отложения конца верхнеплейстоценового времени, вторая речная терраса: галечники, гравий, пески, супеси, суглинки		разрывные нарушения
 $Q_{III}^2$	отложения середины верхнеплейстоценового времени, третья речная терраса галечники, гравий, пески, супеси, суглинки		

Рисунок 2 – Геологическое строение г. Иркутска и его окрестностей [7]

Климат г. Иркутска и его окрестностей определяется сложным сочетанием положения в центре Евразийского материка и смягчающим влиянием оз. Байкал и Иркутского водохранилища.

Из-за удалённости от морей климат резко континентальный со значительными суточными и годовыми колебаниями температур воздуха.

Самый холодный месяц – январь, его средняя температура по многолетним данным  $20.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Лето - период со среднесуточной температурой воздуха выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  - в первой половине (июнь-начало июля) обычно бывает засушливое, с большим количеством ясных и теплых дней, во второй половине (с середины июля по

конец августа) - чаще всего дождливое. Средняя температура июля составляет 17,6 °С.

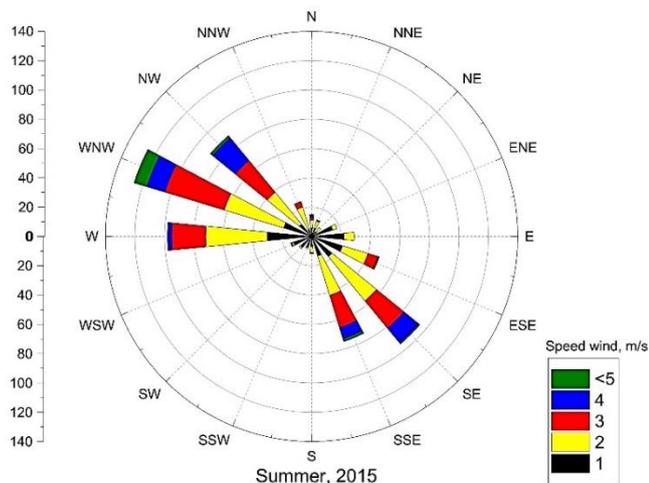


Рисунок 3 – Летняя роза ветров г. Иркутска и его окрестностей (по данным на 2015 год)

Среднегодовая скорость ветра на территории г. Иркутск составляет 2,1 м/с. Наибольшее количество ветреных дней наблюдается весной и осенью. На приземное направление ветра сильно влияют физико-географические условия территории, которые в Иркутске обусловлены ориентацией долины р. Ангары с северо-запада на юго-восток – как следствие, повторяемость этих направлений ветра наибольшая [7] (рисунок 3).

Город Иркутск расположен на Иркутско-Черемховской равнине по обоим берегам реки Ангары, на высоте 440 м над уровнем моря. Рельеф горда слаборасчлененный. Нижний, наиболее освоенный на сегодняшний день ярус рельефа преимущественно занят плоскими поверхностями речных террас. Верхний ярус рельефа представлен древней плоско-волнистой поверхностью выравнивания мел-палеогенового возраста.

Для долин большинства рек, протекающих в черте города (Ангара, Иркут, Ушаковка, Кая, Топка) характерна асимметричность строения: выше устья р. Иркут левый склон долины р. Ангары значительно более крутой, чем правый; ниже впадения в Ангару рек Иркут, Ушаковка и Топка правый склон

очень крутой и обрывистый. В пойменной части р. Ангары большое количество островов.

Окрестности Иркутска также равнинные с небольшими возвышенностями, абсолютные высоты которых достигают 580 м над уровнем моря [7].

## **2.2 Геоэкологическая характеристика г. Иркутск**

На состояние окружающей среды г. Иркутска оказывают влияние как природно-климатические, так и техногенные факторы.

По данным управления федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Иркутской области, основу промышленного потенциала г. Иркутска определяют предприятия топливно-энергетической, машиностроительной и металлообрабатывающей отраслей промышленности, а также производство строительных материалов и железнодорожный транспорт [21]. Помимо этого, в городе насчитывается значительное количество предприятий пищевой и легкой промышленности.

Энергетический комплекс Иркутска представлен тремя ключевыми предприятиями, находящимися в собственности ПАО «Иркутскэнерго» — ТЭЦ-2, Иркутской ГЭС и Ново-Иркутской ТЭЦ.

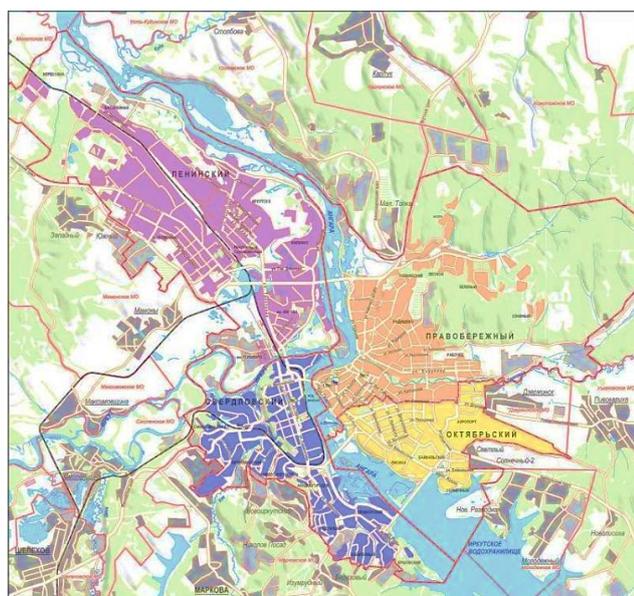
Ключевым предприятием машиностроительного комплекса является крупнейший в России Иркутский авиационный завод, помимо него в городе работают завод тяжелого машиностроения, релейный завод и т.д.

Пищевая промышленность представлена рядом крупных предприятий — мясокомбинатом, масложиркомбинатом и т.д.

Транспортный комплекс Иркутска не менее разнообразен, он представлен водным, железнодорожным, автомобильным, авиационным, а также городским электрическим видами транспорта. Через город проходит Транссибирская железнодорожная магистраль. В пределах города расположено пять железнодорожных станций, практически все крупные

предприятия, расположенные на левом берегу Ангары, имеют железнодорожные подъездные пути и свои товарные терминалы [7].

Все это многообразие предприятий рассредоточено по территории города весьма неравномерно, на отдельных участках концентрация предприятий весьма велика, и они образуют так называемые промышленные узлы. В пределах четырех административных районов г. Иркутска (рис. 4) имеется 5 крупных промышленных узлов. Два из них расположены в Ленинском районе – Северный и Жилкинский промышленные узлы, и по одному во всех остальных: Мельниковский – в Свердловском районе, Восточный – в Октябрьском районе, Маратовский промузел – в Правобережном районе.



 Ленинский округ	 Правобережный округ
 Свердловский округ	 Октябрьский округ

Рисунок 4 – Административные округа г. Иркутска [7]

Суммарная площадь территорий, занятых промышленными объектами составляет ~ 2 тыс. га. Крупнейшие промышленные предприятия расположены преимущественно в северо-западной и восточной частях города.

## 2.2.1 Состояние атмосферного воздуха

Атмосферный воздух – неотъемлемая часть среды обитания всего живого, в том числе и человека. От концентраций, содержащихся в нем веществ напрямую зависит здоровье населения, особенно в промышленных центрах, где степень загрязнения атмосферного воздуха иногда достигает уровней, превышающих существующие санитарно-гигиенические нормативы.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха является весьма актуальной для г. Иркутска – на протяжении ряда лет город регулярно включают в список самых грязных по состоянию атмосферного воздуха городов России [21].

Основной объем выбросов, загрязняющих атмосферный воздух, веществ в г. Иркутске приходится на автотранспорт и объекты теплоэнергетики, доля которых составляет 52% и 46% от общегородских годовых валовых выбросов соответственно [8].

На территории Иркутска насчитывается порядка 140 объектов теплоэнергетики, крупнейшие из них – Ново-Иркутская ТЭЦ, на долю которой приходится  $\approx 44\%$  от валового количества выбросов всех городских источников теплоэнергетики [8].

В процессе функционирования объектов энергетики (особенно в отопительный период) в атмосферный воздух г. Иркутска выбрасывается широкий спектр ингредиентов таких как: диоксид серы (около 3 кг/с), диоксид азота (до 0,7 кг/с), оксид азота (свыше 0,1 кг/с), монооксид углерода (около 0,3 кг/с), диоксид кремния (более 0,6 кг/с), также значительно меньших количествах выбрасываются бенз(а)пирен, зола, взвешенные вещества, аммиак, фенол, марганец и др. [21].

Так как большинство котельных установок города не оснащены газоочистными установками ( $\approx 63\%$ ) и многие из них имеют низкие трубы (около 17 % – до 15 м, свыше 77 % – до 30 м, 97 % – до 45 м), большая часть выбросов попадает в приземный слой атмосферы, где потенциальные условия для их рассеяния намного хуже, чем в пограничном слое [8].

Помимо объектов теплоэнергетики в городе расположено более 150 промышленных предприятий, на территории которых расположены порядка 3000 антропогенных источников загрязнения, выбрасывающих в атмосферу почти 120 различных ингредиентов.

Государственный мониторинг за качеством атмосферного воздуха проводится не более чем по 15 % ингредиентов. Около 70 % источников загрязнения являются организованными, а газоочистными установками оснащены лишь 20% из них. Следствием такой высокой техногенной нагрузки является высокие концентрации ряда ингредиентов, не укладывающиеся в существующие нормативы. При этом в расчет не берется частный сектор с печным отоплением, вклад которого в суммарные выбросы оценивается в 2-3 % [8].

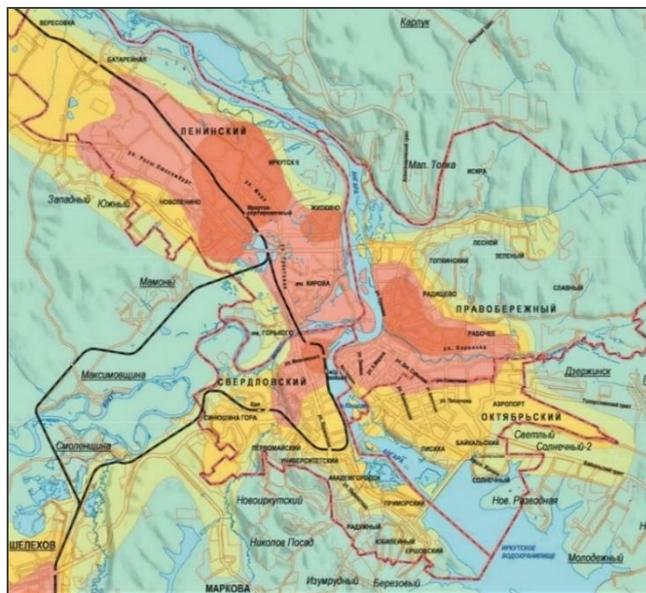
В условиях поступления в атмосферный воздух больших объемов загрязняющих веществ, ситуацию осложняет специфичная атмосферная циркуляция в районе Иркутска.

Сочетание частых для города температурных инверсий с высокой повторяемостью штилей и слабых ветров (в среднем за год – 52%, в декабре – 72%) свойственных для Иркутска, создает опасность повышенного скопления выбросов в атмосфере и оседания их на подстилающую поверхность вблизи от источников выбросов.

Согласно данным коллектива авторов, представленным в атласе развития Иркутска (рис. 5), состояние атмосферного воздуха в различных частях города Иркутска неодинаково. По многолетнему уровню загрязнения атмосферного воздуха авторы выделили пять условных зон, подвергающихся различной степени загрязнения.

К наиболее сильно загрязняемым территориям, на которых концентрации загрязняющих веществ могут превышать величину ПДК м.р. в 3 раза, ПДК с.с. – в 5 раз, отнесены два участка в пределах Ленинского административного района – территория вблизи Иркутского авиационного завода и промышленная зона поселка Жилкино, один участок в Свердловском

административном районе – в районе ж/д вокзала, а также один участок, охватывающий правобережье реки Ушаковки – в Правобережном административном районе. Ситуация улучшается по мере удаления от данных территорий.



- Сильно загрязняемые территории (концентрации загрязняющих веществ разных классов опасностей могут превышать величину максимально разовой ПДК в 3 раза, концентрации загрязняющих веществ могут превышать величину среднесуточной ПДК в 5 раз, продолжительность превышения концентраций загрязняющих веществ величины среднесуточной ПДК более 500 часов в месяц)
- Существенно-загрязняемые территории (концентрации загрязняющих веществ могут превышать величину максимально разовой ПДК 2 раза, концентрации загрязняющих веществ могут превышать величину среднесуточной ПДК в 3 раза, продолжительность превышения концентраций загрязняющих веществ величины среднесуточной ПДК 300–500 часов в месяц)
- Загрязняемые территории (концентрации загрязняющих веществ могут достигать величины максимально разовой ПДК, продолжительность превышения концентраций загрязняющих веществ величины среднесуточной ПДК 100–300 часов в месяц)
- Умеренно загрязняемые территории (концентрации загрязняющих веществ не достигают величины максимально разовой ПДК, продолжительность превышения концентраций загрязняющих веществ величины среднесуточной ПДК менее 100 часов в месяц)
- Слабо и редко загрязняемые территории (концентрации загрязняющих веществ не достигают величин максимально разовой и среднесуточной ПДК)

Рисунок 5 – Зонирование территории г. Иркутск по многолетнему уровню загрязнения атмосферного воздуха [7]

### 2.2.2 Состояние поверхностных и подземных вод

Многообразие водных объектов г. Иркутска представлено водохранилищем Иркутской ГЭС, главной водной артерией – р. Ангара, реками Иркут (с притоком Кая и Олха), Ушаковка, Топка, Вересовка и рядом более мелких ручьев.

Источником питьевого водоснабжения в г. Иркутск является Иркутском водохранилище. Городские и промышленные водозаборы находятся в черте города. Питьевое водоснабжение города осуществляется от Ершовского водозабора. Воду подземных источников использует  $\approx 2\%$  горожан.

Питьевая вода, поступающая населению, является стандартной по всем показателям, за исключением хлора, являющегося гарантом эффективности обеззараживания [107].

Годовое потребление свежей воды в Иркутске составляет порядка 160 млн. куб.м, из них на производственные нужды расходуется  $\approx 70$  млн. куб.м, на хозяйственно-питьевые - 90 млн. куб.м.

Отведение сточных вод осуществляется в поверхностные водные объекты. Ежегодные объемы водоотведения составляют порядка 150 млн. куб.м сточных вод, в том числе без очистки - 1 млн. куб.м, недостаточно очищенных - порядка 100 млн. куб.м [107].

Такое обильное поступление недостаточно очищенных сточных и поверхностных вод не может не влиять на состояние водных экосистем реки Ангары и ее притоков.

По данным [7] наиболее грязным водотоком Иркутска является р. Кая, состояние которой колеблется от умеренно загрязненной до грязной. Загрязняется и Ангара, воды которой в створе ниже Иркутска не пригодны для питьевого назначения. Остальная часть Ангары, вместе с ее притоками являются умеренно загрязненными. Наиболее чистым является верхний бьеф Иркутского водохранилища, где расположен питьевой водозабор Иркутска и Шелехова.

Согласно данным Иркутского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в 2017 году в ряде водных объектов, расположенных в черте города Иркутск, фиксировалось превышение допустимых нормативов по некоторым из показателей.

В поверхностных водах водохранилища Иркутское (в черте города) наблюдалось превышение допустимых нормативов и среднегодовых значений органических веществ по ХПК, БПК<sub>5</sub> и азота нитритного. По комплексу показателей, вода водохранилища в пунктах наблюдений в районе г. Иркутск в 2017 году характеризовалась 2 классом и оценивалась как «слабо загрязненная». По состоянию планктонных сообществ воды в черте г.

Иркутска у центрального водозабора оценены как условно чистые - слабо загрязнённые. По методу экологических модификаций биоценоз в створах нижней части водохранилища испытывает антропогенное экологическое напряжение.

Река Ангара во всех створах наблюдений, расположенных в 16 – 25 км ниже плотины ГЭС (за исключением фонового створа), характеризуется превышением над ПДК средних за год концентраций фенолов. В максимальных значениях зарегистрированы повышенные содержания органических веществ, азота аммонийного, азота нитритного. Качество воды в верхнем (фоновом для всей реки) створе наблюдений, по оценке удельного комбинаторованного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), соответствовало 1 классу, «условно чистая» вода. По методу экологических модификаций биоценоз в створе соответствовал состоянию экологического благополучия с элементами антропогенного напряжения [21].

Качество воды в других створах наблюдений в районе г. Иркутск, по оценке УКИЗВ соответствовало 2 классу, «слабозагрязненная» вода, по совокупности гидробиологических показателей - I–II классу качества вод (условно чистые – слабо загрязненные) и II–III классу (слабо загрязненные – загрязненные).

Гидрохимические наблюдения в створах реки Иркут позволили зафиксировать превышение допустимых рыбохозяйственных нормативов по фенолам. Основными источниками загрязнения данного водного объекта являются сточные воды ОАО «Иркутскмебель» и ее притоки Олха и Кая.

Поверхностные воды реки Ушаковки в черте города Иркутск по УКИЗВ относятся к «слабо загрязненным». Если оценивать их по совокупности гидробиологических параметров качества вод, то они относятся ко II – III классам (слабо загрязненные - загрязнённые). По методу экологических модификаций бактерио- и зоопланктоценоз – воды находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения. В устье р. Ушаковки в бактериоценозе выявлены элементы антропогенного напряжения, в

бентоценозе состояние антропогенного экологического напряжения усиливается и появляются элементы экологического регресса [21].

Потенциальными загрязнителями р. Ушаковки могут выступать предприятия, расположенные на ее побережье – ОАО «Иркутский завод тяжёлого машиностроения», фабрика «Узоры», рынки («Фортуна», «Ушаковский»), садоводческие объединения и сельскохозяйственные угодья.

Причины такого состояния водотоков кроются в недостаточной очистке сточных промышленных и коммунально-бытовых воды (в том числе после перегруженных городских очистных сооружений), поступающих в водотоки, не очищенные ливневые стоки; аварийные и неучтенные стоки канализационных сетей; а также стоки с с/х полей и садоводческих товариществ [107].

Что касается загрязнения подземных вод, то согласно данным Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды АО «Иркутскгеофизика», загрязнение подземных вод в черте города обусловлено распространением линз нефтепродуктов на зеркале грунтовых вод в г. Иркутске и накопителями отходов, расположенных в пригороде.

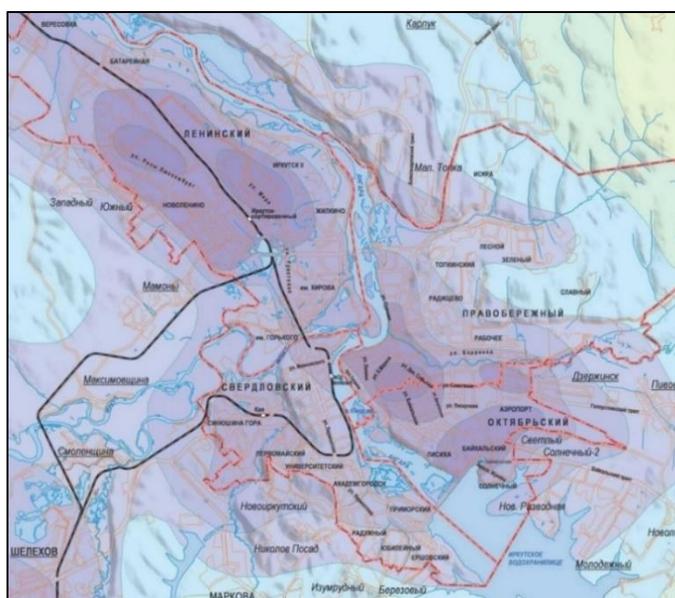
В 2017 г. в опробованных скважинах жилкинского цеха ООО «Иркутск-терминал» зафиксировано повышенное содержание общего железа от 5,03 мг/л до 10 мг/л при ПДК 0,3 мг/л, марганца до 0,61-2,52 мг/л (ПДК 0,1 мг/л). За весь 2017 год содержание растворенных нефтепродуктов в подземных водах превышало предельно допустимую в 1,5-60,9 раз, единично отмечается превышение до 377 ПДК. По сравнению с 2016 годом на участке лево- и правобережных очистных сооружений г. Иркутска в 2017 г. наблюдалось понижение содержания аммония до 5,33-25,33 ПДК, после роста, начавшегося в 2012 г., когда оно возросло в сравнении с предыдущим периодом наблюдений и достигало 33 ПДК. Концентрации остальных ингредиентов пусть и превышали ПДК (магний, жесткость, окисляемость до 2,33 ПДК), но все же оставались на уровне предыдущих лет. По сравнению с 2015 годом

отмечено повышение содержания железа с 11-56,7 ПДК до 24,67-97,87 ПДК и марганца с 6,4-11 ПДК в 2015-2016 гг. до 2,1-6,8 ПДК в 2017. Минерализация составляет 1,35-1,6 г/л [21].

### 2.2.3 Состояние почв

Основными факторами, оказывающими негативное влияние на состояние почвенного покрова на территории г. Иркутск, являются высокий уровень техногенного загрязнения атмосферного воздуха и сильная рекреационная нагрузка. Наиболее сильное негативное воздействие на состояние почв оказывают техногенные загрязнители неорганического происхождения такие как диоксид серы и аэрозоли тяжелых металлов, особенно свинца [50].

Согласно данным [7], загрязнение почв городской территории согласуется с розой ветров – самый высокий уровень загрязнения фиксируется в направлении с севера-запада на юго-восток (рис. 6).



Кратность превышения фоновых значений тяжелых металлов и серы

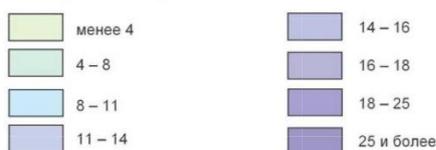


Рисунок 6 – Загрязнение почвенного покрова г. Иркутска и его окрестностей

[107]

К наиболее загрязненным территориям города относятся: район Ново-Ленино, Иркутска-II, центральная часть города, микрорайон Байкальский. Средний уровень загрязнения характерен для большей части города и охватывает Ленинский и Октябрьский округа, частично Свердловский, микрорайоны Первомайский, Солнечный, а также район аэропорта. Слабый и условно фоновый уровни загрязнения регистрируются в районе Академгородка, микрорайона Юбилейный, на северо-восточной, юго-западной и южной окраинах города.

Критериями загрязнения почв являются ПДК (предельно допустимая концентрация), ОДК (ориентировочно допустимая концентрация), фоны (Ф).

В 2004 г. на территории г. Иркутск было проведено обследование уровня загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения, по результатам которого в почвах г. Иркутска и его окрестностей зафиксирован следующие случаи превышения ПДК: свинца в 54%, марганца в 4%, ванадия в 14%, суммы марганец+ванадий в 16% и ртути в 2% проанализированных проб.

Превышение ОДК в обследуемых районах зарегистрировано по свинцу, никелю, меди и цинку в 4-18% случаев.

Относительно фоновых концентраций в городских почвах наблюдались превышения до 2,2 раз по таким элементам как: свинец, никель, олово и медь. Концентрации ртути достигали 11 Ф. Максимальные концентрации металлов, (за исключением марганца и кобальта) также зарегистрированы на территории города и превышали фоновые значения в 1,8-3,7 раза. Наибольшие средние и максимальные содержания свинца, цинка, ртути зарегистрированы на территории Правобережного округа [50].

Исследование фторидов в почва г. Иркутска показало, что их содержание не достигает уровня ПДК, но тем не менее, превышает фон в 3,8 раз. Максимальная концентрация фторидов зафиксирована за пределами города (зона 0–5 км от города), там их концентрация составляла 1,4 ПДК (11,7

Ф). В черте города фторидами наиболее загрязнен Ленинский округ (средняя концентрация – 5 Ф, максимальная – 9,2 Ф, что соответствует 1,1 ПДК).

Среднее содержание водорастворимого фтора в почвах г. Иркутска – 2,1 Ф, максимальное – 2,38 Ф. Среднее содержание фтора в снежном покрове г. Иркутска на уровне 4,1 Ф, в зоне 0-5 км от границ города – 4,9 Ф, максимальное – 14,7 Ф. На территории города наибольшее загрязнение снежного покрова выпадениями фторидов наблюдалось в Правобережном округе (среднее значение – 4,2 Ф, максимальное – 7,9 Ф).

Территория г. Иркутска наиболее загрязнена железом, марганцем и ртутью. Самый загрязненный – Ленинский округ (кобальт, ртуть, железо и свинец), далее центральная часть города – Правобережный округ, наименее загрязнен Свердловский округ.

Значительная плотность суммарных выпадений металлов, исключая олово, приходится на территорию города. Средние содержания цинка, олова, свинца и меди достигали 3,2-8 Ф, остальных токсикантов – 11,4-16,7 Ф. Наибольшая интенсивность загрязнения ими отмечалась в Правобережном округе, наименьшая в Свердловском округе.

Превышение ПДК сульфатов наблюдалось в 9% проб. Наиболее загрязнена сульфатами в средних значениях зона 5,1-15 км от границы города – 8,3 Ф, что превышает среднее значение по району в 1,1 раза. По территории города наиболее загрязнен сульфатами Октябрьский округ, где средняя концентрация не превысила ПДК, но достигла 8 Ф, и максимальная составила 1,5 ПДК (19,8 Ф).

Наибольшее загрязнение сульфатами снежного покрова зарегистрировано на территории г. Иркутска, где средняя концентрация сульфатов составила 4,5 Ф. Наибольшая интенсивность выпадения токсиканта наблюдалась в Куйбышевском округе, превышая фоновое значение в 5,2 раза [50].



Отбор проб листьев осуществлялся методом средней пробы: листья отбирались по окружности из внешней нижней части кроны, на высоте 1,5-2 м от земной поверхности, с приблизительно одновозрастных деревьев. С целью предотвращения искусственного загрязнения отбираемого материала при отборе проб использовались перчатки.

Отобранный материал помещался в крафт пакеты «Стерит» (150×250 мм). Каждой из упакованных проб был присвоен номер, который фиксировался на конверте, помимо номера пробы на конверте указывалась дата отбора пробы, место отбора, а также ФИО исследователя, осуществившего пробоотбор.

Для того чтобы сохранить информацию о пылеаэрозольной составляющей листьев, пробы не промывались, а сразу сушились без извлечения из конверта, при комнатной температуре в хорошо вентилируемом помещении.

### **3.2 Аналитическое обеспечение исследований**

Аналитические исследования проводились в лабораториях отделения геологии ТПУ и на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т ТПУ.

#### **3.2.1 Инструментальный нейтронно-активационный анализ**

Метод ИНАА заключается в том, что стабильные изотопы элементов бомбардируются мощным потоком нейтронов и могут превращаться в радиоактивные изотопы, характеризующиеся специфическим излучением энергии. При выделении энергии происходит распад радиоактивных изотопов. Из этого следует, что в том случае, когда после облучения пробы нейтронами она начинает излучать  $\gamma$ -лучи, можно говорить о том, что в ней содержатся какие-либо элементы, какие именно зависит от излучаемой энергии [40].

Количественное определение наличия определенных химических элементов выполняется с помощью сравнения, в выбранных энергетических

интервалах спектрометра, стандартных образцов с интенсивностью излучения проб.

Метод ИНАА обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами: во-первых, это отсутствие химической пробоподготовки, что позволяет исключить погрешность за счет привноса элементов вместе с реактивами; во-вторых, данный метод позволяет анализировать маленькие по массе и объему пробы (в данной работе – 100 мг), т.к. аналитический сигнал снимается с ядер химических элементов; в-третьих, метод является неразрушающим, что позволяет сохранить исследуемый материал и использовать его в дальнейшем; в-четвертых, метод обладает относительно высокой чувствительностью, позволяющей определять большинство элементов на порядок ниже их кларков в горных породах.

С помощью ИНАА можно определять содержание следующих 28 элементов: Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag.

Нижние пределы обнаружения содержания элементов в природных средах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нижние пределы обнаружения содержания элементов в природных средах

Элемент	Предел, мг/кг	Элемент	Предел, мг/кг
Na	20	Ba	3
Ca	300	Sb	0,007
Sc	0.002	La	0,007
Cr	0,1	Ce	0,01
Fe	10	Sm	0,01
Co	0,1	Eu	0,01
Ni	20	Tb	0,001
Zn	2	Yb	0,05
As	1	Lu	0,01
Br	0,3	Hf	0,01
Rb	0,6	Ta	0,05
Sr	1	Au	0,002
Ag	0,02	Th	0,01
Cs	0,3	U	0,01

Материалом для ИНАА послужила зола листьев тополя, т.к. в этом состоянии содержание исследуемых элементов-индикаторов становится выше по сравнению с высушенными пробами в десятки-сотни раз, однако теряются элементы в летучей форме, такие как As, Hg, F.

Озоление листьев тополя включало в себя несколько предшествующих манипуляций таких как просушивание листьев при комнатной температуре, удаление черешков листьев и измельчение (рис.

Кварцевую чашу с измельченными вручную листьями (массой около 10 г) помещали на электрическую плитку под тягой и обугливали при температуре 250 °С до прекращения выделения дыма.

После окончания обугливания, полученную черную золу помещали в муфельную печь, с заданной ранее температурой 250 °С и каждые 30 минут повышали температуру на 50 °С до того момента пока она не достигла 450 °С и оставляли пробу на 3 часа. Суммарное время озоления каждой партии проб составлял 5 часов. Температурный режим озоления устанавливался согласно ГОСТ 26929-94.

Показателем полного озоления является равномерный цвет золы, а также отсутствие черных углей.

После осуществления озоления полученную золу взвешивали и упаковывали в фольгу навеской  $100 \pm 1$  мг.

Анализ образцов осуществлялся на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в аккредитованной лаборатории ядерно-геохимических методов исследования ТПУ.

На протяжении пяти часов пробы облучались потоком тепловых нейтронов ( $2 \cdot 10^{13}$  нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ ) в реакторе, после чего некоторое время выдерживались и направлялись на гаммаспектрометр для измерения интенсивности излучения радиоактивных изотопов. Измерение производилось на многоканальном анализаторе импульсов «Canberra» полупроводниковым Ge детектором GX3518. Сравнивая интенсивность гамма-линий соответствующих радионуклидов с интенсивностью

стандартного образца (лист березы ГСО 8923-2007, СО КООМЕТ 0067-2008-RU), рассчитывали содержание определяемых элементов [54].

### 3.2.2 Электронно-микроскопические исследования

Минеральный состав пробы листвы тополя изучался в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета с применением растрового электронного микроскопа Hitachi S-3400N с приставкой Bruker XFlash 5010 с разрешением 129 еВ (рис. 8).



Рисунок 8 – Электронный микроскоп Hitachi S-3400N

Данный микроскоп оборудован термоэмиссионным вольфрамовым катодом и способен показывать значительное разрешение (табл. 2) в обширном диапазоне ускоряющих напряжений [77].

Растровая электронная микроскопия базируется на сканировании поверхности образца электронным зондом и дальнейшем распознавании возникающего спектра излучений.

Таблица 2 – Характеристика РЭМ Hitachi S-3400N

Разрешающая способность	При использовании детектора вторичных электронов	- 3,0 нм (при работе с высокой степенью разрежения, ускоряющее напряжение 30 кВ); - 10 нм (при работе с высокой степенью разрежения, ускоряющее напряжение 3 кВ)
	При использовании детектора обратно рассеянных электронов	- 4,0 нм (ускоряющее напряжение 30 кВ, при работе с низкой степенью разрежения);
Степень увеличения	от 5 до 300 000	
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	

В работе использовался детектор обратно рассеянных электронов (BSE), позволяющий работать с низкими степенями разрежения и относительно менее чувствительный к заряду образца. Пробоподготовка для исследования пробы с помощью РЭМ включала в себя следующие этапы: 1) При помощи скальпеля был вырезан небольшой фрагмент листа тополя (5 на 5 мм); 2) Полученный фрагмент помещен на одну из сторон двустороннего скотча; 3) Скотч приклеен на специальную пластину – штабик, которая отправлена в камеру микроскопа. Проба исследовалась в низком вакууме.

### 3.3 Методика обработки аналитической информации

Обобщение результатов аналитических исследований и их дальнейшая обработка осуществлялась на персональном компьютере с использованием программного обеспечения: Microsoft OfficeExcel 2013, Microsoft OfficeWord 2013, Origin 9 и STATISTICA 7.0.

Построение и оформление карт- схем территориального распределения элементов в г. Иркутск осуществлялось с помощью программного обеспечения SURFER 10 и COREL DRAW 16.

## 4 ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКА ПО ДАННЫМ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЗОЛЫ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ

### 4.1 Общая биогеохимическая характеристика территории

Расчет числовых характеристик распределения химических элементов в листьях тополя, отобранных на территории г. Иркутск, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Числовые характеристики распределения химических элементов (в мг/кг) в золе листьев тополя г. Иркутск

Элемент	$X \pm \lambda$	X геом	M	Min	Max	S	V
Na	3545±498	2729	2664	245	10396	23	74
Ca	136105±8460	118277	140644	2679	194187	44769	33
Sc	1,49±0,26	1,06	1,00	0,21	5,51	1,38	93
Cr	10,0±2,12	4,96	6,43	0,35	40,4	11,2	112
Fe	4543±753	3113	3115	150	15679	3985	88
Co	7,93±0,72	7,21	7,61	2,85	22,1	3,80	48
Zn	1375±147	1147	1177	166	2850	775	56
As	0,245±0,03	0,23	0,20	0,20	0,71	0,14	56
Br	55,9±12,3	33,1	36,0	1,84	296	65,0	116
Rb	30,3±2,35	27,5	25,9	6,69	54,9	12,5	41
Sr	835±46,6	805	753	450	1659	246	30
Ag	0,152±0,004	0,15	0,15	0,10	0,25	0,02	14
Sb	0,65±0,10	0,40	0,56	0,02	1,77	0,51	79
Cs	0,40±0,06	0,31	0,30	0,10	1,33	0,30	75
Ba	222±17,9	202	199	54,7	477	94,6	43
La	5,66±0,79	4,46	4,23	1,02	15,9	4,17	74
Ce	10,6±1,66	8,06	7,41	1,85	34,8	8,76	83
Nd	4,09±0,83	2,14	2,97	0,27	16,8	4,38	107
Sm	1,19±0,17	0,94	0,90	0,25	3,34	0,89	75
Eu	0,19±0,03	0,15	0,13	0,03	0,66	0,15	79
Tb	0,10±0,02	0,06	0,07	0,01	0,39	0,10	101
Yb	0,38±0,06	0,28	0,28	0,06	1,31	0,32	86
Lu	0,06±0,01	0,04	0,04	0,02	0,19	0,04	80
Hf	0,86±0,16	0,58	0,59	0,07	3,12	0,82	96
Ta	0,10±0,02	0,05	0,06	0,002	0,52	0,12	118
Au	0,003±0,001	0,002	0,002	0,001	0,01	0,003	93
Th	1,90±0,33	1,36	1,36	0,35	6,67	1,72	90
U	0,73±0,12	0,37	0,65	0,003	2,57	0,63	87

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

Анализ полученных статистических данных позволяет сделать некоторые выводы относительно того соответствуют ли рассматриваемые выборки закону нормального распределения.

Так из всех выборок по г. Иркутску, согласно полученным коэффициентам вариации, однородному распределению (коэффициент вариации  $\leq 39\%$ ) соответствуют выборки по таким элементам как: Ca, Sr, Ag. Об их однородности свидетельствуют и близкие значения средних значений и медиан. Неоднородными (коэффициент вариации от 40 до 79%) являются выборки по таким элементам как: Na, Co, Zn, As, Rb, Cs, Ba, La, Sm.

Большинство выборок, согласно величине коэффициента вариации, характеризуются сильно неоднородным распределением (коэффициент вариации от 80 до 119 %): Sc, Cr, Fe, Br, Sb, Ce, Nd, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U.

Для большей наглядности представили данные о размахе содержания химических элементов в пробах золы листьев тополя на территории г Иркутск в виде диаграммы размаха (рисунок 9).

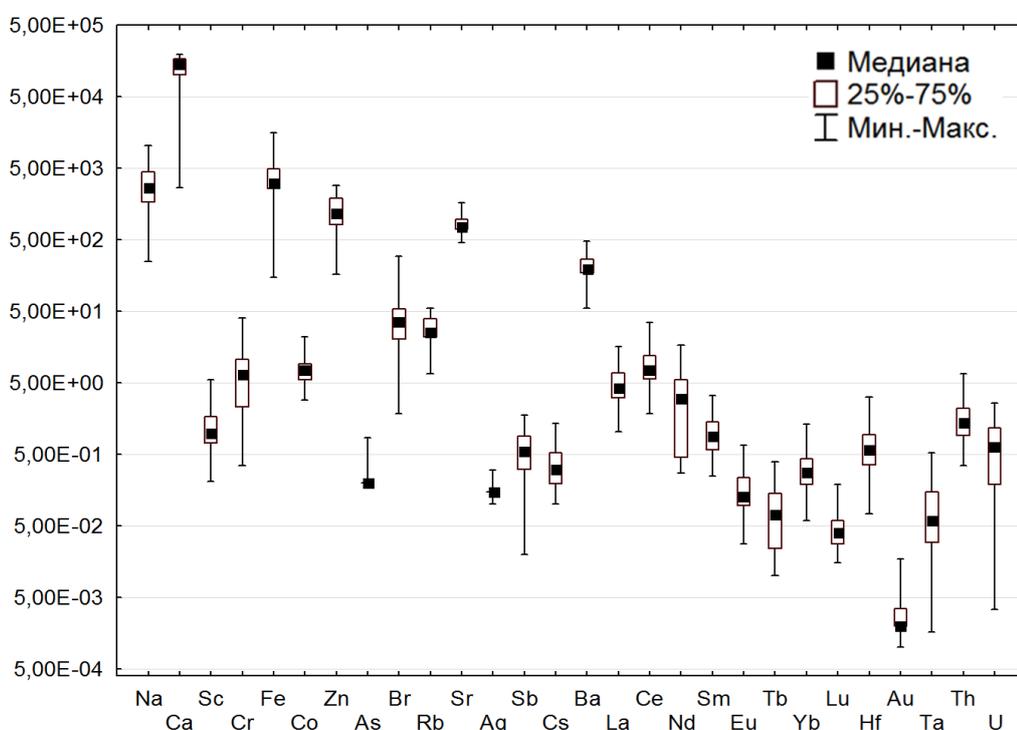


Рисунок 9 – Диаграмма размаха содержания химических элементов (в мг/кг) в пробах золы листьев тополя на территории г Иркутск

На основе полученных статистических данных о медианах выборок были рассчитаны коэффициенты концентрации относительно медиан химических элементов в золе листьев тополя урбанизированных территорий, и на их основе построен геохимический ряд, представленный в таблице 4.

Таблица 4 – Геохимический ряд коэффициентов концентрации элементов в золе листьев тополя на территории г. Иркутск

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

Для проверки принадлежности выборок химических элементов к закону нормального распределения пользовались отношениями показателей асимметрии  $A(t_1)$  и эксцесса  $E(t_2)$  и критериями Хи – квадрат Пирсона и Колмогорова-Смирнова, результаты тестов представлены в таблице 4.2.

При принятии решения о соответствии или не соответствии выборки гипотезе о нормальном распределении по значению показателей асимметрии и эксцесса руководствовались тем, что если значение данных показателей по модулю  $\leq 3$ , то рассматриваемая выборка соответствует гипотезе о нормальном распределении.

Что касается принятия решения по результатам тестов Хи – квадрат Пирсона и Колмогорова-Смирнова руководствовались степенями значимости отличия распределения от соответствующего нормального закона по Боровикову (2003). Если результат уровня значимости  $p$ , полученный на диаграмме, входил в интервал, соответствующий не значимой или слабо значимой степени, то в таком случае признавалось, что данная выборка соответствует гипотезе о нормальном распределении.

Таблица 5 – Проверка гипотезы о законе нормального распределения содержания химических элементов в пробах золы листьев тополя, г. Иркутск

Элемент	A(t <sub>1</sub> )	E(t <sub>2</sub> )	Хи-квадрат	Колмогоров-Смирнов	Закключение
Na	2,5	0,44	нет	нет	нет
Ca	-0,16	-1,49	нет	да	да
Sc	3,39	1,75	да	да	да
Cr	2,88	0,67	да	да	да
Fe	2,94	0,97	нет	да	да
Co	4,27	7,18	нет	да	нет
Zn	1,55	-0,28	нет	да	да
Br	5,32	7,15	да	да	да
Rb	0,79	-0,88	нет	да	да
Sr	3,09	3,66	нет	да	нет
Sb	1,56	-0,59	нет	да	да
Cs	2,73	1,32	нет	да	да
Ba	1,81	1,57	нет	да	да
La	2,52	0,29	да	нет	да
Ce	3,25	1,43	да	да	да
Nd	2,91	1,36	да	нет	да
Sm	2,56	0,35	да	нет	да
Eu	3,55	2,62	нет	да	нет
Tb	2,83	1,05	да	нет	да
Yb	3,17	1,22	да	да	да
Lu	3,33	1,49	нет	да	нет
Hf	3,16	1,33	да	да	да
Ta	3,89	3,19	да	нет	нет
Th	3,08	1,06	да	да	да
U	1,85	0,28	нет	да	да

Согласно результатам проведенных тестов, гипотезе о нормальном распределении не соответствуют 6 из 25 выборок. К ним относятся выборки по таким элементам как: Na, Co, Sr, Eu, Lu, Ta.

Сравнительный анализ взаимосвязи между химическими элементами в пробах золы листьев тополя производили при помощи рангового коэффициента корреляции Спирмена R, который характеризует связь для распределений, существенно отличающихся от нормальных. Далее на основе полученных корреляционных матриц, методом искусственного повышения

критического значения были выявлены наиболее существенные связи, которые визуализированы в виде графов-ассоциаций, представленных на рисунке 10.

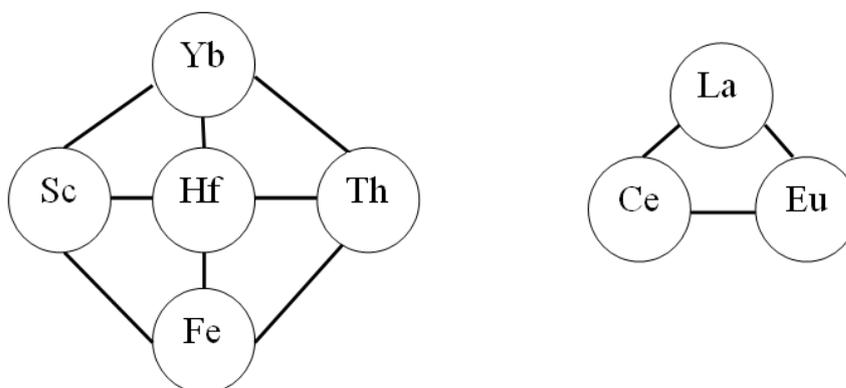


Рисунок 10 – Граф-ассоциаций химических элементов в золе листьев тополя г. Иркутск ( $r \geq 0,92$ )

Анализ полученных графов-ассоциации позволяет сделать вывод о том, что ассоциации элементов, характерные для г. Иркутска, представлены преимущественно литофильными элементами (Yb, Th, Hf, Sc, La, Eu, Ce) и одним сидерофильным (Fe).

Данные элементы могут входить в состав акцессорных минералов, которые очень устойчивы к процессам выветривания и их частички могут оседать на листьях в виде пыли. Так, такие элементы как Ce, La, Sm, Sc входят в состав акцессорного минерала монацит; Hf может замещать Zr в составе минерала циркон, а Fe входит в состав как породообразующих, так и рудных минералов, таких как магнетит и ильменит.

Для того чтобы осуществить анализ взаимосвязей химических элементов в золе листьев тополя исследуемой территории воспользовались иерархическим кластерным анализом. Для этого на первом этапе произвели стандартизацию исходных данных, для того чтобы привести их к одному уровню:

$$C_T = (X_i - X_{cp})/S,$$

где  $X_i$  –  $i$ -ое значение выборки;

$\bar{X}$  – среднее арифметическое значение выборки;

$S$  – стандартное отклонение.

Далее методом Варда была построена дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в золе листьев тополя представленная на рисунке 11. Красной линией отмечен критический уровень.

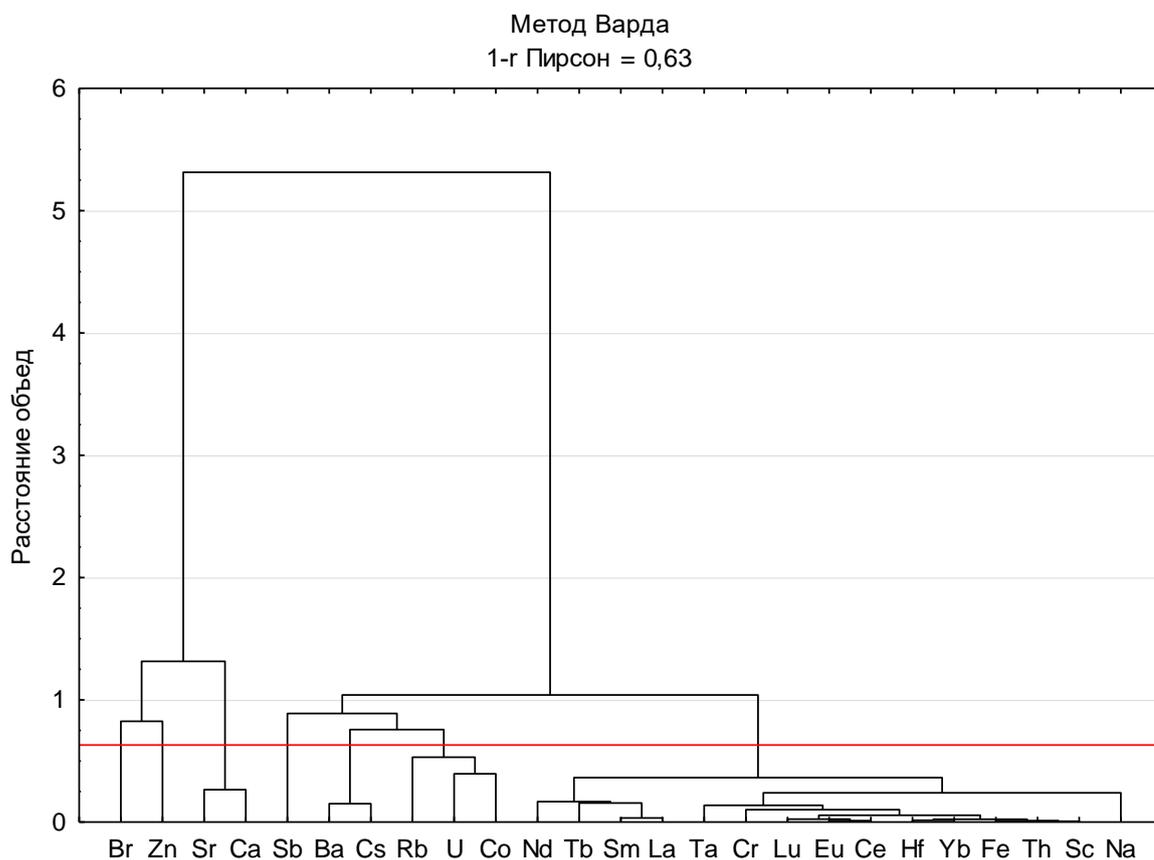


Рисунок 11 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в золе листьев тополя на территории г. Иркутск

Как видно из полученной дендрограммы наиболее сильные корреляционные связи характерны для двух ассоциаций элементов: Nd-Tb-Sm-La и Ta-Cr-Lu-Eu-Ce-Hf-Yb-Fe-Th-Sc.

Также стоит отметить, что такие элементы как Br, Zn и Sb не имеют значимых связей ни с одним из элементов.

Также был произведен кластерный анализ на предмет выявления корреляционных связей между пробами (рис. 12).

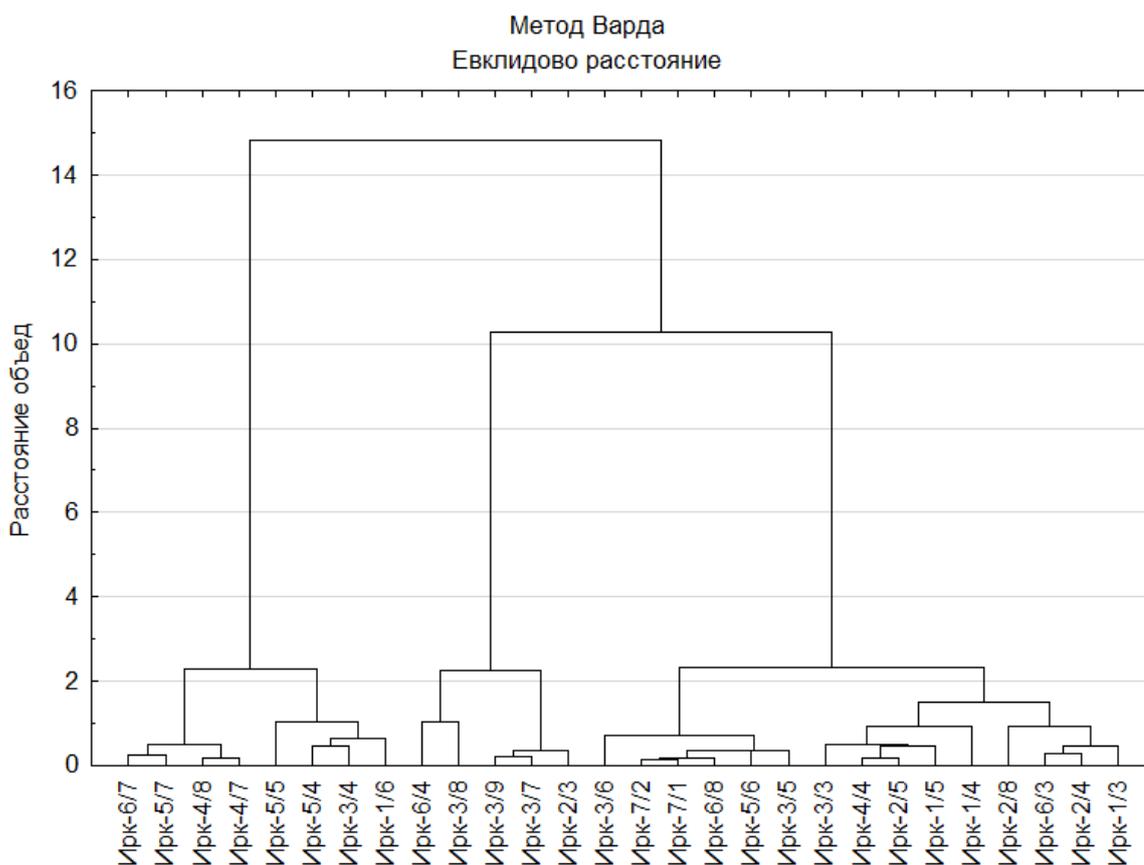


Рисунок 12 – Дендрограмма корреляционной матрицы проб листьев тополя на территории г. Иркутск

Для того чтобы изучить влияние всех факторов на состав листьев тополя исследуемой территории воспользовались факторным анализом, методом главных компонент, главными целями которого являются сокращение числа рассматриваемых микроэлементов и определение структуры взаимосвязей между микроэлементами.

Для упрощения визуализации результатов редкоземельные элементы были рассмотрены как сумма легких редкоземельных элементов (LREE) к которым относятся La, Ce, Nd, Eu, Sm и сумма тяжелых редкоземельных элементов, к которым относятся Tb, Yb, Lu.

Согласно результатам факторного анализа, на распределение химических элементов по территории города оказывают влияние 3 фактора (табл. 6, рис. 13).

Таблица 6 – Вращаемые факторные нагрузки в выбранной 3-х факторной модели г. Иркутска

Перемен.	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Перемен.	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Na	<b>0,9</b>	0,21	-0,23	Cs	<b>0,9</b>	-0,28	-0,07
Ca	-0,5	<b>-0,71</b>	0,24	Ba	0,6	-0,64	-0,16
Sc	<b>1,0</b>	0,14	0,03	LREE	<b>1,0</b>	-0,04	0,08
Cr	<b>0,9</b>	0,10	-0,12	HREE	<b>1,0</b>	0,10	0,09
Fe	<b>1,0</b>	0,12	-0,03	Hf	<b>1,0</b>	0,15	0,02
Co	0,6	-0,21	0,32	Ta	<b>0,9</b>	0,1	0,05
Zn	-0,1	-0,08	<b>-0,78</b>	Th	<b>1,0</b>	0,15	0,04
Br	-0,1	-0,18	-0,49	U	<b>0,8</b>	0,06	0,11
Rb	0,6	-0,26	-0,04	Общ.дис.	11,4	2,12	1,42
Sr	-0,3	<b>-0,9</b>	-0,11	Доля общ.	0,6	0,11	0,08
Sb	0,5	0,09	-0,52				

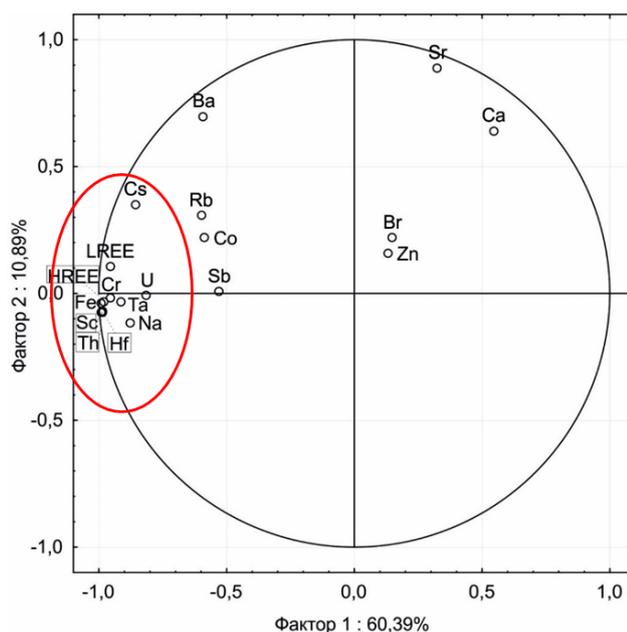


Рисунок 13 – Факторные нагрузки (ось X – первый фактор, ось Y – второй фактор) на общую дисперсию геохимического спектра элементов в золе листьев тополя г. Иркутск

Из таблицы 4.3 и рисунка 4.5 следует, что фактор 1 оказывает влияние на дисперсию практически всех элементов, за исключением Ca, Co, Sr, Zn, Br, Rb, Sb, Ba.

Нагрузка по первому фактору вероятнее всего обусловлена влиянием природных факторов среды, в первую очередь геологического строения территории.

Нагрузку по второму фактору можно объяснить тем, что по физико-химическим свойствам стронций является геохимическим аналогом кальция и это определяет сходство их миграции в земной коре: стронций — постоянный спутник кальция в большинстве природных систем.

Третий фактор, отвечающий за накопление цинка, обусловлен биогеохимической спецификой объекта исследования – данный элемент хорошо накапливается листьями тополя.

По результатам статистической обработки данных были построены карты-схемы пространственного распределения некоторых элементов, среди которых: La, Ce, Nd, Eu, Sm, Tb, Yb, Lu, U, Th, Cr, Fe, Zn, Sb, Br.

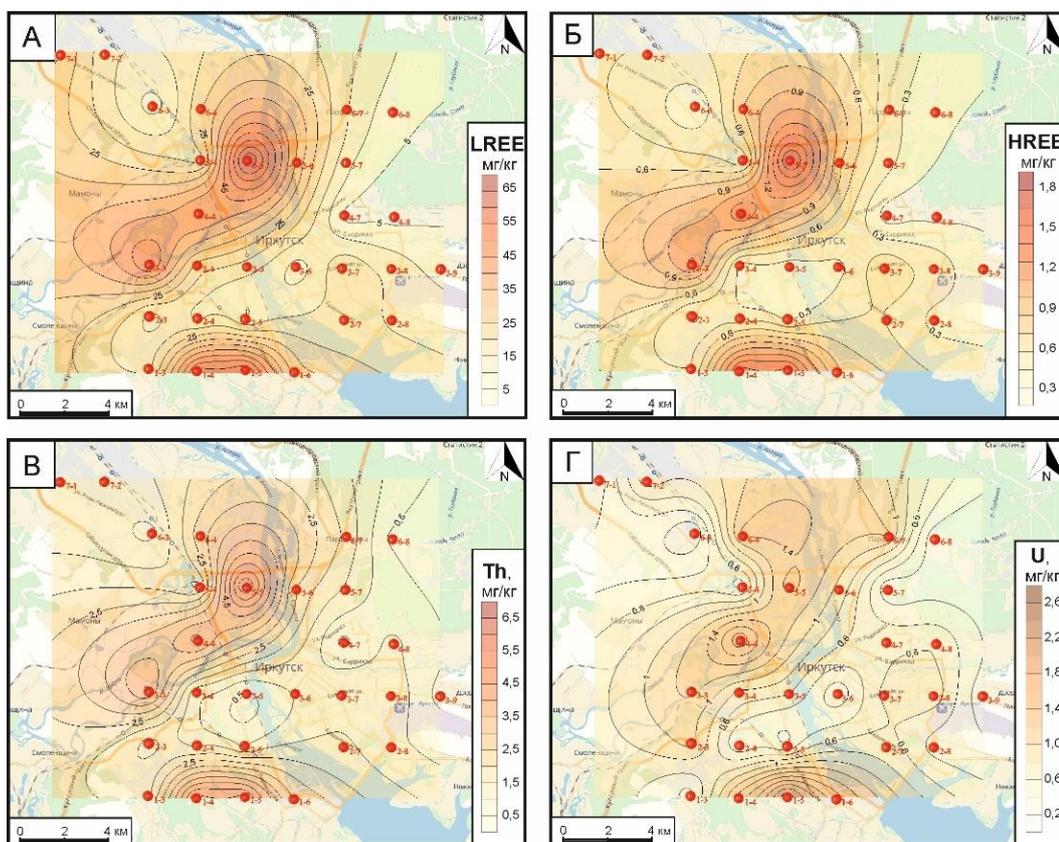


Рисунок 14 – Ореолы легких (А), тяжелых (Б) редкоземельных элементов, тория (В) и урана (Г) на территории г. Иркутск по данным опробования листьев тополя

Анализ карт-схем пространственного распределения редкоземельных (РЗЭ) и радиоактивных элементов, представленных на рисунке 14, позволил сделать вывод о том, что данные элементы имеют схожее территориальное распределение: на территории города фиксируется два контрастных ореола – первый из них на левобережье Ангары, севернее устья р. Иркут, второй – в южной части города.

Исходя из результатов статистического анализа мы склонны предполагать, что высокие концентрации редкоземельных и радиоактивных элементов на левобережье Ангары, севернее устья р. Иркут имеют преимущественно природное происхождение, и приурочены к развитым здесь аллювиальным четвертичным отложениям. Ранее специфика левобережья истока Ангары по накоплению РЗЭ в коренных породах, почвах и донных отложениях отмечалась в работе Китаева и Гребенщиковой [37].

Что касается ореола, расположенного в южной части города, то высокие концентрации рассматриваемых элементов здесь с большой долей вероятности имеют техногенное происхождение, т.к. территория находится в зоне влияния Ново-Иркутской ТЭЦ, ее золоотвала и согласуется с летней розой ветров.

В распределении хрома и железа (рис 15 А, Б) прослеживается картина идентичная распределению редкоземельных и радиоактивных элементов, на основании чего можно предположить, что высокие концентрации данных элементов на левобережье Ангары, севернее устья р. Иркут, также, как и в ранее описанном случае имеют природное происхождение, в пользу этого говорит и несогласие ореолов с летней розой ветров. Что касается южного ореола, то, вероятнее всего, он обусловлен влиянием золоотвала Ново-Иркутской ТЭЦ, т.к. известно, что Fe и Cr при сжигании углей переходят в состояние золы.

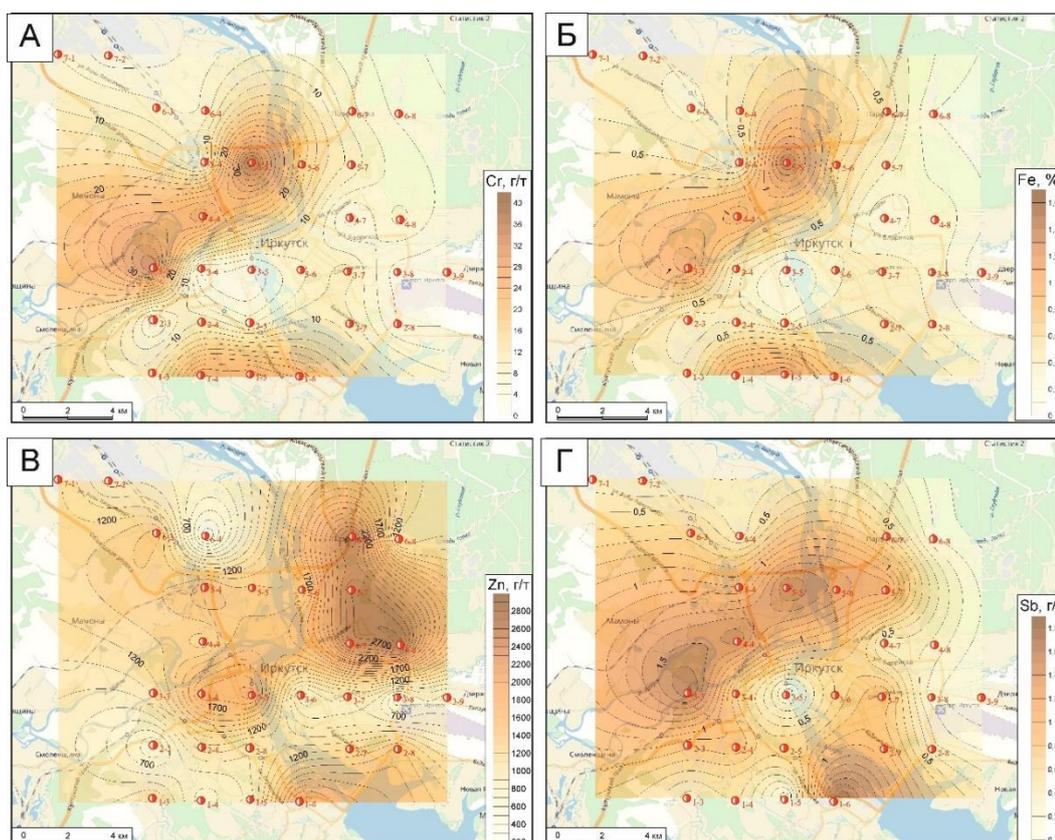


Рисунок 15 – Ореолы Cr (А), Fe (Б), Zn (В) и Sb (Г) на территории г. Иркутск по данным опробования листьев тополя

Максимальные концентрации цинка (рис. 15 В) приурочены к правобережью р. Ангары. Практически в центральной части ореола расположен Иркутский завод тяжелого машиностроения, на котором производят горно-обогатительное, горно-шахтное, дражное оборудование, оборудование для цветной и черной металлургии, а также различные металлоконструкции. Вероятнее всего именно это производство является источником поступления Zn в окружающую среду.

Наиболее высокие содержания сурьмы (рис. 15 Г) выявлены на левобережье р. Ангары и приурочены к основным деревообрабатывающим площадкам города (ООО Прибайкалье, ООО Лесные технологии).

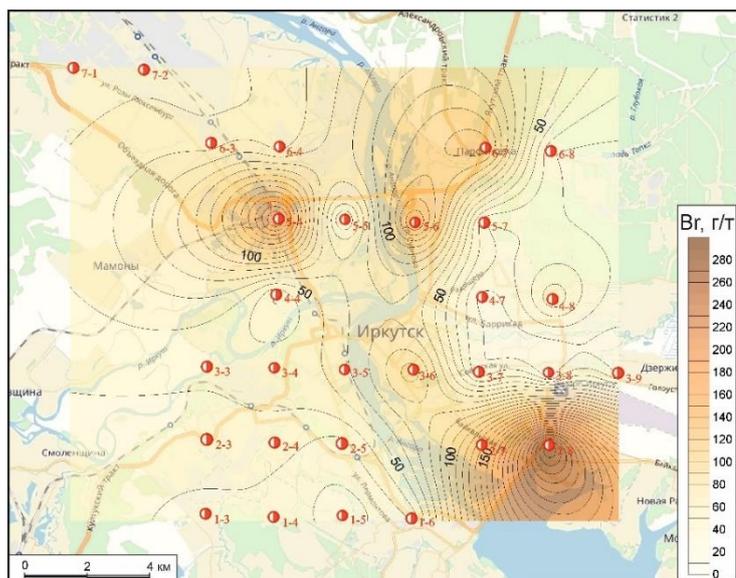
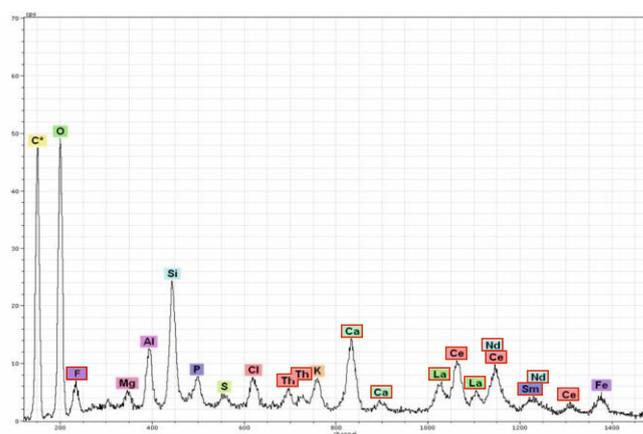


Рисунок 16 – Ореол Br на территории г. Иркутск по данным опробования листьев тополя

Анализ пространственного распределения брома позволил сделать вывод о том, что основные его ореолы приурочены к транспортным развязкам города. Основным источником поступления его в окружающую среду в свое время вероятнее всего являлось сжигание автомобильным транспортом бензинов, содержащих в своем составе тетраэтилсвинец и 1,2 – дибромэтан, который служил источником брома для образования относительно летучего дибромид свинца для предотвращения осаждения твердых оксидов свинца на деталях двигателя. Так как на сегодняшний день использование тетраэтилсвинца в составе бензина на территории России запрещено, а, следовательно, и дибромэтан в его состав не входит, то можно предположить, что в листья тополя попадает бром, который был ранее накоплен в почве.

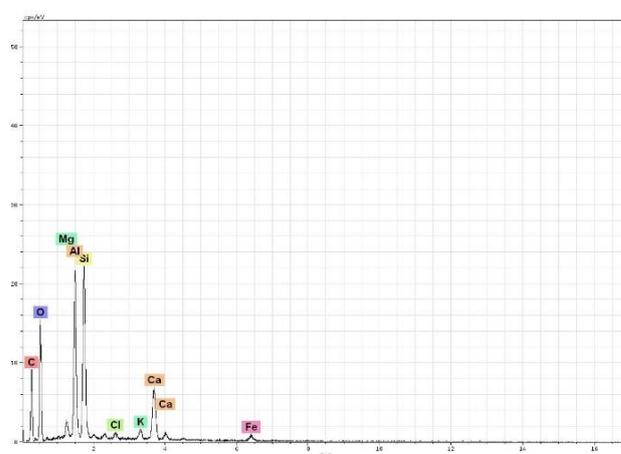
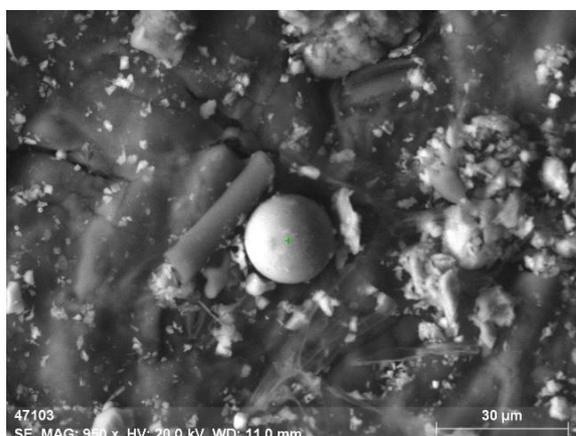
#### 4.2 Результат растровой электронной микроскопии

При изучении проб, отобранных на территории г. Иркутск, с помощью растрового электронного микроскопа установлено присутствие на поверхности листьев минеральных фаз редкоземельных элементов и алюмосиликатных микросферул (рис. 17).



Элемент	F	Ca	La	Ce	Nd	Sm	Th
Масс. %	6,4	12,2	19,6	36,3	16,3	3,0	6,2

А



Элемент	Al	Si	Fe
Масс. %	46	44,5	9,5

Б

Рисунок 17 – Энергодисперсионный состав частиц фтор-карбоната редких земель (А) и алюмосиликатной микросферы (Б)

Фтор-карбонаты редких земель ранее описывались в составе углей Иркутского угольного бассейна [34]. Так как основная масса добываемого на этом месторождении угля используется в энергетике, в том числе и на территории г. Иркутска, можно сделать вывод о том, что данный минерал при сжигании угля переходит в состояние золы, после чего аккумулируется поверхностью листовой пластины.

Алюмосиликатные микросферы имеют техногенное происхождение и образуются при высоких температурах, в частности при расплаве силикатного минерального материала углей, который при плавлении в газовом потоке

дробиться на мельчайшие капли, которые в свою очередь при нагреве раздуваются. А если брать во внимание, что данная фаза обнаружена в пробе 1/5, которая находится в зоне влияния Ново-Иркутской ТЭЦ, это еще раз косвенно подтверждает, что вероятным источником поступления ряда элементов в южной части города служит Ново-Иркутская ТЭЦ и ее золоотвал.

#### 4.3 Интегральная оценка содержания элементов в золе листьев тополя

Для интегральной оценки концентраций химических элементов в листьях тополя был использован аддитивный подход.

На первом этапе 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  $>1$  складывались и делились на количество элементов [6]. Результаты расчета представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения аддитивных показателей элементов в листьях тополя, г. Иркутск

№ пробы	Adi	№ пробы	Adi	№ пробы	Adi
Ирк-1/3	1,3	Ирк-3/5	1,7	Ирк-5/6	1,9
Ирк-1/4	3,4	Ирк-3/6	2,7	Ирк-5/7	1,4
Ирк-1/5	3,4	Ирк-3/7	1,3	Ирк-6/3	1,3
Ирк-1/6	2,2	Ирк-3/8	1,2	Ирк-6/4	1,7
Ирк-2/3	1,5	Ирк-3/9	1,3	Ирк-6/7	1,7
Ирк-2/4	1,3	Ирк-4/4	1,6	Ирк-6/8	1,2
Ирк-2/5	1,2	Ирк-4/7	1,8	Ирк-7/1	1,6
Ирк-2/8	2,0	Ирк-4/8	1,7	Ирк-7/2	1,3
Ирк-3/3	3,0	Ирк-5/4	1,9		
Ирк-3/4	1,4	Ирк-5/5	3,9		

Пространственное распределение рассчитанных аддитивных показателей элементов в листьях тополя представлено на рисунке 18.

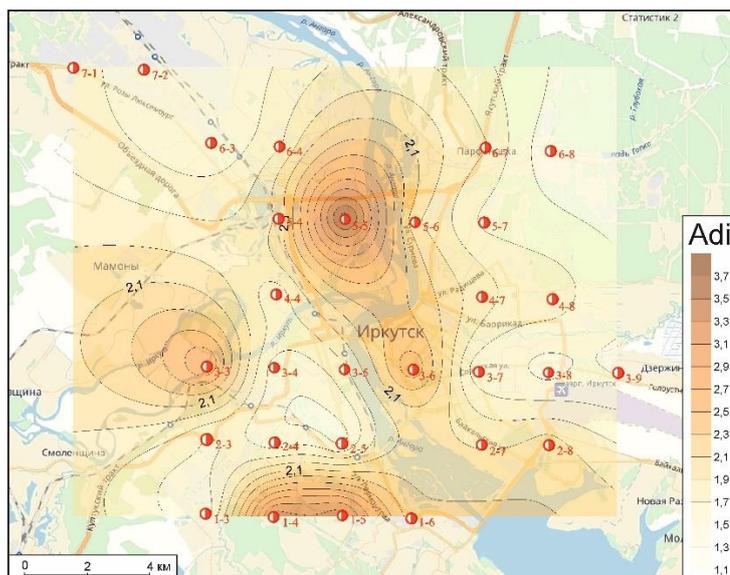


Рисунок 18 – Пространственное распределение аддитивных показателей на территории г. Иркутск

На территории города выявлено три участка, в пределах которых наблюдаются максимальные значения аддитивного показателя. Первый из них расположен на левобережье р. Ангары, севернее устья Иркут, что не удивительно в виду того, что в данном районе наблюдались максимальные концентрации большей части из рассмотренных элементов. Вторым участком, характеризующийся повышенными значениями аддитивного показателя приурочен к восточной части города, где расположены складские и гаражные помещения и площадки, а также предприятие по переработке древесины. Третий участок расположен в южной части города и находится в зоне влияния Ново-Иркутской ТЭЦ.

#### 4.4 Расчет коэффициента биогеохимической трансформации

Растения реагируют на ухудшение состояния окружающей среды как накоплением, так и деконцентрацией микроэлементов (МЭ), что обусловлено изменениями интенсивности биологических процессов [20]. Для того чтобы выявить нарушения нормальных соотношений МЭ в листьях тополя и количественно описать дисбаланс МЭ, возникающий в результате усиления антропогенной нагрузки, рассчитан коэффициент биогеохимической

трансформации  $Z_v$ , предложенный сотрудниками кафедры геохимии ландшафтов и географии почв МГУ имени М. В. Ломоносова:

$$Z_v = \sum_1^{n_1} K_c + \sum_1^{n_2} K_p - (n_1 + n_2 - 1),$$

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 [56]:

- < 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 8.

Таблица 8 – Значения коэффициентов биогеохимической трансформации в листьях тополя, г. Иркутск

№ пробы	$Z_v$	Степень биогеохимической трансформации растений	№ пробы	$Z_v$	Степень биогеохимической трансформации растений
Ирк-1/3	8	низкая	Ирк-3/9	122	вдвое выше среднего
Ирк-1/4	52	вдвое выше среднего	Ирк-4/4	127	вдвое выше среднего
Ирк-1/5	74	вдвое выше среднего	Ирк-4/7	70	вдвое выше среднего
Ирк-1/6	25	выше среднего	Ирк-4/8	16	средняя
Ирк-2/3	12	низкая	Ирк-5/4	24	выше среднего
Ирк-2/4	10	низкая	Ирк-5/5	69	вдвое выше среднего
Ирк-2/5	18	средняя	Ирк-5/6	24	выше среднего
Ирк-2/8	31	вдвое выше среднего	Ирк-5/7	27	вдвое выше среднего
Ирк-3/3	45	вдвое выше среднего	Ирк-6/3	214	вдвое выше среднего

№ пробы	Zv	Степень биогеохимической трансформации растений	№ пробы	Zv	Степень биогеохимической трансформации растений
Ирк-3/4	16	средняя	Ирк-6/4	21	выше среднего
Ирк-3/5	105	вдвое выше среднего	Ирк-6/7	20	выше среднего
Ирк-3/6	37	вдвое выше среднего	Ирк-6/8	43	вдвое выше среднего
Ирк-3/7	10	низкая	Ирк-7/1	26	вдвое выше среднего
Ирк-3/8	35	вдвое выше среднего	Ирк-7/2	8	низкая

Пространственное распределение рассчитанных коэффициентов биогеохимической трансформации представлено на рисунке 19.

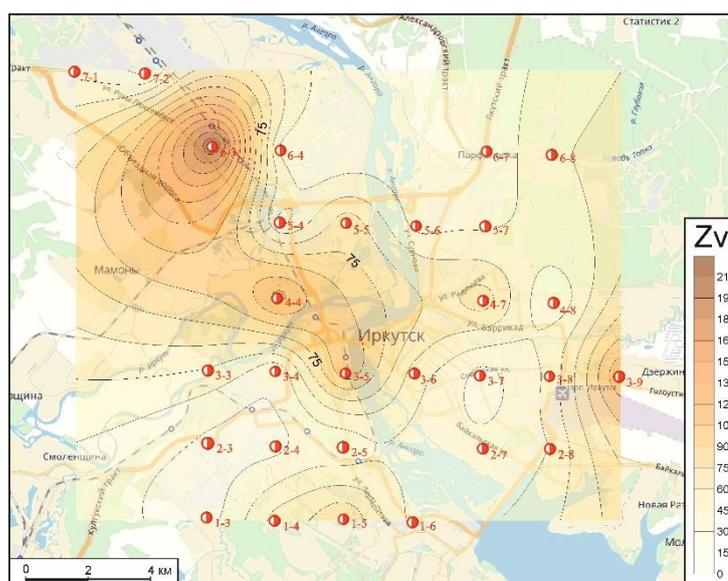


Рисунок 19 – Пространственное распределение коэффициентов биогеохимической трансформации на территории г. Иркутск

Наиболее контрастная биогеохимическая аномалия простирается с северо-запада на юго-восток и соответствует направлению переноса воздушных масс, максимальное значение коэффициента при этом приурочено к зоне влияния Иркутского авиационного завода. Еще один ореол фиксируется на юго-западе города, в зоне влияния гражданского аэропорта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Города являются центрами концентрации не только населения, но и значительных масс техногенных веществ, поступающих в окружающую среду с промышленными, транспортными и муниципальными выбросами, отходами и стоками. В городской среде эти продукты хозяйственной деятельности человека формируют локальные и региональные техногенные аномалии загрязняющих веществ в компонентах ландшафтов. Эти аномалии могут стать вторичными источниками поллютантов, тем самым увеличивая продолжительность и радиус воздействия загрязнения.

Исследуемая в данной работе территория, как и любая городская территория в этом смысле не является исключением.

Город Иркутск расположен в долине реки Ангара, в месте впадения двух её притоков — Иркуты и Ушаковки, в 55 км от озера Байкал и является административным центром Иркутской области.

На протяжении ряда лет город регулярно включают в список самых грязных по состоянию атмосферного воздуха городов России, что является следствием как природно-климатических условий, не способствующих активному рассеянию загрязняющих веществ, так и значительного количества выбросов загрязняющих веществ.

Основу промышленного потенциала г. Иркутска определяют предприятия топливно-энергетической, машиностроительной и металлообрабатывающей отраслей промышленности, а также производство строительных материалов и железнодорожный транспорт.

Ключевыми предприятиями энергетического комплекса являются: Иркутская ГЭС и Ново-Иркутская ТЭЦ, флагманы машиностроительной промышленности – Иркутский авиационный завод и Иркутский завод тяжелого машиностроения.

Основные результаты выпускной квалификационной работы:

Корреляционный и кластерный анализ выборок позволил выявить значимые корреляционные связи между содержаниями химических элементов в листьях тополя. Выделены две крупные ассоциации микроэлементов: Nd-Tb-Sm-La и Ta-Cr-Lu-Eu-Ce-Hf-Yb-Fe-Th-Sc. Данные ассоциации являются преимущественно породообразующими, т. е. связаны с «фактором петрофонда», который в свою очередь был усилен техногенным фактором.

Техногенный фактор представлен влиянием Ново-Иркутской ТЭЦ и ее золоотвала, которые отвечают за формирование в южной части города повышенных концентраций широкого спектра элементов и рядом других предприятий.

Факторный анализ позволил определить факторы, оказывающие влияние на распределение химических элементов по территории города.

Нагрузка по первому фактору вероятнее всего обусловлена влиянием фактора «петрофонд». Нагрузка по второму фактору объясняется сходством миграции стронция и кальция, которое обусловлено физико-химическими свойствами данных элементов. Третий фактор, отвечающий за накопление цинка, связан с биогеохимической спецификой объекта исследования.

Построение карт-схем пространственного распределения элементов позволило выявить ряд элементов, в распределении которых ведущую роль играют техногенные факторы. К таким элементам можно отнести цинк, максимальные концентрации которого зафиксированы в зоне влияния завода тяжелого машиностроения, сурьму, повышенные концентрации которой отмечаются в местах расположения предприятий деревообрабатывающей промышленности, и бром, наиболее высокие содержания которого выявлены в районах крупных транспортных развязок города.

Методом растровой электронной микроскопии на поверхности листьев в центральной части города обнаружены фазы фторкорбоната редких земель, а в южной части города многочисленные алюмосиликатные микросферулы, еще раз косвенно подтверждающие факт воздействия объекта теплоэнергетики – Ново-Иркутской ТЭЦ и ее золоотвала.

Таким образом, на территории г. Иркутск наблюдается проявление как природных, так и техногенных факторов, влияющих на содержание химических элементов.

Результаты исследования подтвердили наличие индикаторных свойств у листьев тополя, что позволяет использовать этот объект в биогеохимическом мониторинге для оценки загрязнения окружающей среды.

## 5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 5.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объемы работ

В рамках данного раздела выпускной квалификационной работы приводится технико-экономическое обоснование проведения работ по теме диссертации.

Цель раздела состоит в определении и анализе трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию рассматриваемой научно-исследовательской работы.

Исследования проводились на территории г. Иркутск – одного из крупнейших индустриальных центров Восточной Сибири, 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 (*Populus Balsamifera* L.), являющиеся хорошим индикатором техногенной трансформации состояния городской среды.

Отбор проб листьев тополя на исследуемой территории был произведен в первой декаде сентября 2014 года. Листья отбирались методом средней пробы, по окружности из внешней нижней части кроны на высоте 1,5-2 м от поверхности земли с приблизительно одновозрастных деревьев. Отбор проб осуществлялся по равномерной площадной сети в масштабе 1:200000 (шаг опробования 2 × 2 км).

Всего в ходе полевых работ отобрано 29 проб.

Виды и объем научно-исследовательской работы представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	29	Отбор проб листьев тополя осуществляется на территории г. Иркутск	Бумажные (крафт) пакеты «Стерит»
2	Проведение маршрута	км	64	Проведение маршрута	Ручка
3	Камеральная работа, обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	проба	29	Обработка проб	Муфельная печь
4	Камеральная работа, обработка материалов ЭГР (с использованием ЭВМ)	проба	29	Обработка баз данных Построение картосхем, графиков и диаграмм	ПК

Календарный план работ позволяет конкретизировать перечень необходимых этапов работ, определить их продолжительность во времени и последовательность. Данная исследовательская работа осуществлялась в 3 этапа и включала в себя полевые работы, лабораторные исследования и камеральную обработку данных.

**Полевые работы.** Полевой этап работ проводился в соответствии с календарным планом: в первой декаде сентября 2014 года. В ходе полевых работ был проведен отбор проб листьев тополя, их упаковка в бумажные крафт пакеты и маркировка каждого из пакетов. Пробы отбирались с приблизительно одновозрастных деревьев на высоте 1,5–2 м от поверхности земли. Всего отобрано 29 проб.

**Лабораторный этап** работ осуществлялся с перерывами: в декабре 2014 г. и с ноября 2018 г. по январь 2019 г. В этот период времени была проведена подготовка проб к дальнейшему изучению, которая включала в

себя: высушивание проб при комнатной температуре, мелкое ручное измельчение, взвешивание перед озолением, само озоление и взвешивание сухого остатка после озоления.

Далее пробы подготавливались для инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА). Для этого из листов фольги размером 3\*3 см были изготовлены пакетики, в каждый из которых было упаковано  $100 \pm 1$  мг золы листьев тополя. После этого подготовленные для анализа пробы были переданы подрядчику в лице лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета для элементного анализа проб методом ИНАА.

Также минеральный состав проб листьев тополя был изучен в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета с применением дифрактометра Bruker D2 PHASER и растрового электронного микроскопа Hitachi S-3400N.

**Камеральные работы.** Камеральная обработка данных длилась с января 2018 г. по май 2019 г. и включала в себя сбор и систематизацию информации об изучаемой территории, обработку полученных в ходе полевых исследований данных, а также их дальнейшую интерпретацию и визуализацию в виде картосхем, графиков и диаграмм.

Календарный план работ представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Календарный план работ

Виды работ	2014		2018							2019					
	сентябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
Полевые работы	+														
Лабораторные работы		+							+	+	+				
Камеральные работы			+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+

## 5.2 Расчет затрат времени и труда на научно-исследовательскую работу

На основании технического плана проведен расчет затрат времени и труда на реализацию всех этапов научно-исследовательской работы. При расчете затрат времени и труда были использованы: «Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и второй выпуск сборника сметных норм на геологоразведочные работы. Из этих источников взяты такие данные, как нормы времени на проведение тех или иных работ, а также коэффициенты к норме в зависимости от условий выполнения работ.

Расчет затрат времени проводился по формуле:

$$N = Q * N_{BP} * K$$

где: N – затраты времени, Q – объем работ,  $N_{BP}$  – норма времени из справочника сметных норм (выпуск 2), K – коэффициент за не нормализованные условия.

Результаты расчетов затрат времени по видам планируемых работ представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты времени по видам работ

№	Вид работ	Объем		Норма времени, Н	Коэф-т, К	Нормативный документ	Итого времени на объем
		Ед. изм.	Кол-во (Q)				
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проб	29	0,0448	1	ССН, вып. 2, табл. 41	1,299
2	Проведение маршрута	км	64	0,101	1	ССН, вып. 2, табл. 44	6,464
3	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	проб	29	0,0136	1	ССН, вып. 2, табл. 59	0,394

Продолжение табл. 11

4	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (с использованием ЭВМ)	проб	29	0,0337	1	ССН, вып. 2, табл. 61	0,977
Итого							9,134

Исходя из того, что работы производились при участии одного геоэколога и одного рабочего, произведем расчет затрат времени по каждому из сотрудников. Результаты расчета представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Затраты времени по сотрудникам

№	Виды работ	Т общ.	Геоэколог	Рабочий
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	2,598	1,299	1,299
2	Проведение маршрута	12,928	6,464	6,464
3	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	0,394	0,394	-
4	Камеральные работы обработка материалов ЭГР (с использованием ЭВМ)	0,977	0,977	-
	Итого	16,897	9,134	7,763

### 5.3 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы

Расчет затрат материалов (для полевого и камерального периодов) для данной научно-исследовательской работы осуществлялся на основе средней рыночной стоимости необходимых материалов и их количества. Результаты расчета затрат материалов представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Затраты материалов на научно-исследовательскую работу

Наименование и характеристика изделия	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб
Блокнот малого размера	1	50	50
Фломастер	1	50	50
Карандаш простой	1	15	15
Ручка шариковая	1	50	50
Стержень для ручки шариковой	1	10	10
Папка для бумаг	1	20	20
Резинка ученическая	1	10	10
Бумажный крафт пакет «Стерит»	29	4	116
Перчатки хлопчатобумажные	1	40	40
Фольга алюминиевая	1	50	50
Итого			411

#### 5.4 Расчет затрат на оплату труда

Оплата труда формируется из оклада, премиальных начислений и районного коэффициента. Фонд заработной платы формируется с учетом дополнительной заработной платы. Итоговая сумма, которая необходима для оплаты труда всех работников, формируется при учете страховых взносов, затрат на материалы, амортизацию оборудования, командировок и резерва.

В рамках данной работы расчет заработной платы осуществляется на основе формул:

$$ЗП = \text{Окл} \times Т \times К,$$

Где ЗП – заработная плата, Окл – оклад (руб), Т – отработано дней, К – коэффициент районный.

$$\text{ДЗП} = ЗП \times 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП},$$

где ФЗП – фон заработной платы (руб).

Расчет оплаты труда представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет оплаты труда

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:					
Геоэколог	1	чел-см	9,134	692	6320,73
Рабочий	1	чел-см	7,763	360	2794,68
ИТОГО:	2		16,897		9115,41
Дополнительная зарплата	7,9				720,12
ИТОГО:					9835,53
ИТОГО (с учетом районного коэффициента):	1,3				12786,19
Страховые взносы	30 %				3835,86
ИТОГО основных расходов					<b>16622,05</b>

### 5.5 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления – это инструмент, позволяющий компенсировать полученный износ используемой материально-технической базы. Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол-во	Балансовая стоимость, руб	Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизации за год, руб
Муфельная печь	1	200000	5	10000
Персональный компьютер	1	20000	10	2000
<b>ИТОГО</b>				<b>12000</b>

## 5.6 Расчет затрат на подрядные работы

Элементный анализ проб листьев тополя производился подрядчиком методом ИНАА в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на подрядные работы

№	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб.	Итого
1	Инструментальный нейтронно-активационный анализ	29	3500	101500
ИТОГО				101500

## 5.7 Общий расчет сметной стоимости научно-исследовательской работы

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в данном документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ. Общий расчет сметной стоимости работ представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Общий расчет сметной стоимости работ

№		Ед. изм.	Кол-во	Единичная расценка	Полная сметная стоимость, руб.
<b>I Основные расходы</b>					
1	Материальные затраты			411	
2	Затраты на оплату труда (со страх. взносами)			16622,05	
3	Амортизационные отчисления			12000	
Итого основных расходов (ОР):				29033,05	
II Накладные расходы (НР)		%	10	От ОР	2903,31
<b>Итого основных и накладных расходов (ОР+НР):</b>				<b>31936,36</b>	

Продолжение таблицы 17

<b>III Плановые накопления</b>	<b>%</b>	<b>15</b>	<b>От (ОР+НР)</b>	<b>4790,45</b>
<b>IV Подрядные работы</b>	<b>101500</b>			
<b>V Резерв</b>	<b>%</b>	<b>3</b>	<b>От ОР</b>	<b>870,99</b>
Итого сметная стоимость				139097,8
НДС	%	20		27819,56
<b>Итого с учетом НДС:</b>				<b>166917,36</b>

Таким образом, расчет сметной стоимости, включающий в себя расчет материальных затрат, затрат на оплату труда и амортизационные отчисления, а также учет накладных расходов, плановых накоплений, подрядных работ, резервных отчислений и налога на добавленную стоимость показал, что стоимость работ по оценке экологического состояния территории города Иркутск по элементному составу листьев тополя составила 166917,36 рублей.

## 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

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

В ходе работы устанавливается элементный состав отобранных проб, определяется минеральный состав и формы нахождения элементов в листьях тополя, изучается пространственное распределение приоритетных химических элементов на территории города, устанавливаются возможные источники их поступления.

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.

Полученные в ходе работы данные могут быть использованы для создания программы работ в Иркутском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также для прогнозирования экологической обстановки городской среды на локальном и региональном уровнях.

В рамках данного раздела выпускной квалификационной работы рассмотрены параметры производственного процесса и виды работ, связанные с камеральной обработкой данных на персональном компьютере (ПК) (поиск информации, набор текста, статистическая обработка баз данных, построение катр-схем и т.д.) в закрытом помещении.

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.

## **8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **8.1.1 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, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом РФ. Налоговый кодекс РФ устанавливает систему налогов и сборов на территории Российской Федерации.

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.

*Режим труда и отдыха при работе с компьютером:* При работе с персональным компьютером (ПК) в среднем по истечению 2 часов у пользователя возникает утомление. Для предотвращения последующего ухудшения самочувствия пользователя и снижения его общей активности и работоспособности целесообразно соблюдать режим труда и отдыха.

Для рабочей смены длительностью 8 ч. 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; через 2 часа от начала рабочего дня и через 1,5 – 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.

### **8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

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.

### **8.2 Производственная безопасность**

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. Площадь на одно рабочее место в ПВЭМ составляет не менее 4,5 м<sup>2</sup>, а объем – не менее 20 м<sup>3</sup>. В аудитории имеется 12 персональных компьютеров. Помещение соответствующем санитарно-эпидемиологическим правилам и

нормативам «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Работа с ПЭВМ сопровождается рядом опасных и вредных факторов, представленных в таблице 18.

Таблица 18 – Возможные опасные и вредные факторы

№	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ	Нормативные документы
<b><i>Вредные факторы</i></b>			
1	Отклонение показателей микроклимата	<b>Камеральный</b>	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10], СанПиН 2.2.4.548-96 [11],
2	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [9], СНиП 23-05-95 [13],
3	Повышенный уровень шума		ГОСТ 12.1.003-83 [2], СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [12],
4	Электромагнитное поле		ГОСТ 12.1.045–84 [5],
5	Нервно-психические перегрузки		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10]
<b><i>Опасные факторы</i></b>			
6	Электрический ток	<b>Камеральный</b>	ГОСТ 12.1.019-79 [4], ГОСТ 12.4.124-83 [6],
7	Пожарная опасность		НПБ 105-03 [8], ГОСТ 12.4.009-83 [7], ГОСТ 12.1.004-91 [3].

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 высоко 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 (табл. 19).

Таблица 19 – 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/м<sup>2</sup>.

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 и 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.

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.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей, а также в помещениях образовательных учреждений представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Временно допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Параметр	Частотный диапазон	ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	2 кГц – 400 кГц	25 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

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).

Нервно-психические перегрузки. Основными источниками нервно-психических перегрузок при работе за ПК являются: повышенное зрительное напряжение, длительная концентрация внимания, эмоциональные перегрузки, монотонность труда, большое 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 Безопасность в ЧС.

### **8.3 Экологическая безопасность**

С точки зрения экологической безопасности работа за компьютером не оказывает негативного влияния на окружающую среду.

#### **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 ЭВМ служат системы вентиляции;

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

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

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

- немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», 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.

### **Выводы**

В ходе написания раздела магистерской диссертации «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.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Сербаева К. Н., Дорохова Л. А. Распределение редкоземельных и радиоактивных элементов в листьях тополя на территории г. Иркутск / К. Н. Сербаева, Л. А. Дорохова, науч. Рук. Д. В. Юсупов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – [принято к публикации].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатуров А. В. Лесная древесная растительность как индикатор состояния окружающей среды // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – М.: Наука, 1982. – С. 97–103.
2. Агеева Е.А., Казанцева М.Н. Оценка пылеудерживающей способности листьев деревьев и кустарников в насаждениях г. Тюмени // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2011. – С. 30–33.
3. Алексеенко В. А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых : Учебник – М.: Логос, 2000. – 354 с.
4. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 627с.
5. Арбузов С.И., Волостнов А.В., Машенькин В.С., Рыбалко В.И. Радиоактивные элементы (U, Th) в углях // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. — Томск: Изд-во ТПУ. – 2013. – С. 5662.
6. Асадулин Эн. Э., Мирошников А.Ю., Вепичкин В.И. Геохимическая специализация донных осадков в зонах смешения вод Оби и Енисея с водами Карского моря // Геохимия. – 2013. – № 12. – С. 1116-1129.
7. Атлас развития Иркутска / [А.Р. Батуев, В.Н. Богданов, Д.А. Галёс [и др.]; редкол.: Л.М. Корытный, А.Р. Батуев, А.В. Белов [и др.]] ; Ин-т географии СО РАН, Иркут. обл. отд-ние Рус. геогр. о-ва. - Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. - 131 с.
8. Аргучинцева А. В., Годвинская И. Г., Ахтиманкина А. В. Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями теплоэнергетики г. Иркутска // Изв. Иркутского государственного университета. Сер. «Науки о Земле» – 2011. – №1. – С. 33–47.
9. Ахтиманкина А. В., Лопаткина О. А. Исследование динамики концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Иркутска // Изв. Иркутского государственного университета. Сер. «Науки о Земле» – 2014. – Т. 9. – С. 2–15.

10. Бакулин В.Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 4. – С. 563-571.
11. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. – М.: ГЕОС, 2005. – 457 с.
12. Барановская, Н. В. Элементный состав биологических материалов и его использование для выявления антропогенно-измененных территорий (на примере южной части Томской области): автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.16 / Барановская Наталья Владимировна. – Томск, 2003. – 21 с.
13. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975. – 280 с.
14. Битюкова В. Р., Касимов Н.С., Власов Д.В. Экологические портрет российских городов // Экология и промышленность России. – 2011. – №4. – С. 6 – 18.
15. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. Экологобиологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2007. – 216 с.
16. Вайнерт Э. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. и др. / под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с
17. Васильев П. В. Лес и древесина в будущем. – М., 1973. – 160 с.
18. Вернадский В.И. Биосфера, очерки первый и второй. – Л.: Науч.техн, 1926. – 146 с.
19. Власов Д. В. Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного округа Москвы: автореф. дис. к-та геогр. наук: 25.00.23 / Власов Дмитрий Валентинович. – М., 2015. – 24 с.
20. 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.

21. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году. Иркутск: ООО «Мегапринт». – 2017. – 274 с.
22. Грицко П.П. Распределение тория, урана и радиоцезия в почвах городов: дис. ... канд. геол-минерал. наук / Грицко Полина Павловна. – Иркутск, 2018. – 160 с.
23. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. – Л.: Химия, 1987. – 190 с.
24. Ерохина В. И., Жеребцова Г.П., Вольфтруб Т.И. Озеленение населенных мест. Справочник. – М.:Стройиздат, 1987. – С.10-15.
25. Есенжолова А. Ж. Листья древесных и кустарниковых растений как биоиндикаторы состояния окружающей среды городов Восточного, Северного и Центрального Казахстана: автореф. дис. к-та биол. наук: 03.02.08 / Есенжолова Ажар Жумановна. – Новосибирск, 2013. – 20 с.
26. 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.
27. 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 нижевожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. – 2015. – №3 (39). – С. 26–29.
28. 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

29. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн./ Под ред. Буренкова Э.К. – М.: Недра, 1994. – Кн.1: s-элементы. – 304 с.: ил.

30. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн./ Под ред. Буренкова Э.К. – М.: Экология, 1994. – Кн.3: Редкие p-элементы. – 352 с.: ил.

31. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн./ Под ред. Буренкова Э.К. – М.: Экология, 1995. – Кн.4: Редкие p-элементы. – 416 с.: ил.

32. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды – новое научное направление в учении о биосфере: концепция, задачи, перспектива // Биогеохимическая индикация природных и техногенных концентраций химических элементов в окружающей среде. – Владивосток: Дальнаука. – Вып. 2. – 1992.

33. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловорудной минерализации: автореф. Дис. д-ра геол. – мин. Наук. – М. – 1988.

34. Ильенок С.С., Арбузов С. И. Минеральные формы редких элементов в углях и золах углей Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжинеринг георесурсов. – 2016. – №2. – С. 6–20.

35. 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.

36. Касимов, Н. С., Кошелева Н. Е., Сорокина О. И. и др. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. – № 4 (49). – С. 14-31.

37. Китаев Н. А., Гребенщикова В. И. Редкие и рудные элементы в окружающей среде Прибайкалья (коренные породы, донные отложения, почвы): монография. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 123 с.

38. Ковалевский, А. Л. Биогеохимические поиски рудных месторождений. – М.: Недра, 1984 – 172 с.

39. Ковнацкий, Е. Ф., Сурнин В. А., Волошин А. Е., Казачевский И. В. Загрязнение растений химическими элементами в зоне техногенеза и использование их в качестве индикаторов состояния природной среды // Труды института экспериментальной метеорологии. – Госкомгидромет, 1990. – № 18. – С. 8–17.

40. Кожевник В.В., Росляков Н.П., Самонов А.М., и др. Инструментальный нейтрона активационный анализ биоматериалов и аэрозольных частиц // Ядерные физические методы анализа по контролю окружающей среды: Труды 3 Всесоюзного совещания – Ленинград. – 1987. – С. 68-73.

41. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Киев: Наукова думка, 1996.

42. Кошелева Н. Е., Касимов Н. С., Сорокина О. И., Власов Д. В. Оценка загрязнения городских ландшафтов с использованием интегральных показателей // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М. А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. Москва, 4 – 6 апреля 2012 г., М.: Географический факультет МГУ, 2012. – С. 174 – 176.

43. Кошелева Н. Е., Никифорова Е. М., Власов Д. В. Эколого-геохимические аспекты урбанизации // Государственное управление в XXI веке: Российская Федерация в современном мире. Материалы 11-й Международной конференции факультета государственного управления МГУ им. М.В.Ломоносова (30 мая - 1 июня 2013 г.), М.: Факультет государственного управления ФГУ Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова, 2013. — С. 1–7.

44. Красовская И. А. Методические основы комплексной оценки эколого-геологического состояния городских территорий / И. А. Красовская, А. П. Галкин // Ученые записки УО ВГУ им. П.М.Машерова. – 2006. – Т. 5. – С. 223–239.

45. Куимова Н.Г., Радомская В.И., Павлова Л.М. и др. Мониторинг аэротехногенного загрязнения городской среды // Экология урбанизированных территорий. – 2008. – № 1. – С. 93-99.

46. Кулагин А.А. Особенности развития тополя бальзамического в условиях загрязнения окружающей среды металлами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2003. – Т.5. – №2.

47. Кулагин А.А., Кужлева Н.Г. Об анатомических изменениях, происходящих в листьях *Populus balsamifera* на фоне избыточного содержания металлов в окружающей среде // Биология и экология. – 2005.

48. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб пособие / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева и др. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

49. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть II. Компьютерный практикум. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 150 с.

50. Мусихина Е. А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территории: монография. – М.: Академия Естествознания, 2009.

51. Новикова С. А. Загрязнение атмосферы крупных городов Иркутской области выбросами автотранспортных средств // Известия Иркутского государственного университета. – Т. 11. – 2015. – С. 64–82.

52. Прохорова, Н.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев // Вестник СамГУ. – 1996. – С. 125-147.

53. Рихванов Л. П. К геохимии техногенеза //Актуальные проблемы геохимической экологии: Мат. V Междунар. биогеохим. школы, Семипалатинск, 8-11 сентября 2005 г. – Семипалатинск: Семипалатинский государственный педагогический университет, 2005. – С. 48–52.

54. Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор

промышленной специализации урбасистем // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – №6. – С. 58-63.

55. Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. Геохимия окружающей среды. – М. : Недра, 1990. – 335 с.

56. 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.

57. Судыко А.Ф. Определение урана, тория, скандия и некоторых редкоземельных элементов в двадцати четырех стандартных образцах сравнения инструментальным нейтронно-активационным методом // Материалы V Международной конференции, г. Томск. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – 2016.– С.620-624.

58. Тажекова А. Ж., Торопов А. С. Использование листьев растений как биогеохимических индикаторов состояния городской среды // Известия Томского политехнического университета. Инжинеринг георесурсов. 2017. Т. 328. №5. С. 114-127

59. Ткалич, С. М. Опыт исследования растений в качестве индикаторов при геологических поисках и разведке // Вести. – Владивосток: Дальневост. фил. АН СССР. – 1938 – №32 (5).

60. Торопов А. С. Ташекова А. Ж. Использование листьев растений как биогеохимических индикаторов состояния городской среды // Известия томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов. 2017. Т. 328. №5. – С. 114–124.

61. Уфимцева, М. Д., Терехина Н. В., Банарь С. А. Экофитоиндикация урбанизированных геосистем // Вестник Санкт -Петербургского университета. – 2008. – Сер. 7. – Вып. 4. – 121–129 с.

62. Шестаков Ю.Г. Математическая статистика: Учебное пособие / Ю.Г. Шестаков. – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1982. – 115 с..

63. Шильников И.А., Лебедева Л.А. и др. Факторы, влияющие на поступление тяжелых металлов в растения // Агрехимия. 1994. №10. С. 94101

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

65. Язиков Е.Г., Барановская Н.В., Игнатова Т.Н. Экологогеохимическая оценка территории района города по данным биогеохимической съемки. Методические указания. Геоэкология. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 32 с.

66. Ялалтдинова А.Р., Барановская Н.В., Рихванов Л.П. Влияние выбросов промышленных предприятий г. Усть-Каменогорска на формирование элементного состава листьев тополя // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 2 (85). – С. 108-113.

67. 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.

68. Alagic, S. C., Serbula, S. S., Tomic, S. B., Pavlovic, A. N., Petrovic, J. V. Bioaccumulation of arsenic and cadmium in birch and lime from the Bor region. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. – 2013. – № 65(4). – Pp. 671–682.

69. Anicic, M. Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* spp.) / M. Anicic, T. Spasic, M. Tomasevic et al. // Ecological Indicators. – 2011. – № 11. – pp. 824–830.

70. Assad M., Parelle J., Cazaux D., Gimbert F., M. Chalot, F. Tatin-Froux. Mercury uptake into poplar leaves. Chemosphere. – 2016. – №.146. – Pp. 1–7.

71. Bargagli R Plants as biomonitors. In: Trace elements in terrestrial plants: an ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery. Springer, Berlin Heidelberg New York. – 1998. – pp 79–248.

72. Bargagli R. Biogeochemistry of terrestrial plants. Moscow, Geos Publ. – 2005. – p. 457.

73. Baslar S. Et al. Trace element biomonitoring by leaves of *Populus nigra* L. from Western Anatolia, Turkey // *Journal of Environmental Biology*. – 2005. – № 26 (4). – P. 665-668.

74. Bewertung der Luftgüte in Graz mit Hilfe von Pflanzen als Bioindikatoren / E. Stabentheiner [et al.] // *Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark*. – 2002. – Band 132. – S. 169 – 181.

75. Biomonitoring in Waldökosystemen: Forschungsbericht. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltragen. – 1990. – 144 s.

76. Blanckart P. Biomonitoring von Fluorwasserstoff: neue Ansätze zum Einsatz Höherer Pflanzen als Akkumulationsindikatoren: Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.) / Koblenz. – 2009. – 227 s.

77. Bruker AXS Microanalysis GmbH. Berlin. Germany. – 2010. – Pp. 2.

78. Cecil C. Konijnendijk. *The Forest and the City: The Cultural Landscape of Urban Woodland* // Springer Netherlands. – 2009. – P. 246.

79. Djingova R., Wagner G., Peshev D. Heavy metal distribution in Bulgaria using *Populus nigra Italica* as biomonitor. – 1995. – Pp. 151-158.

80. Everett, J. L., Day C. L., Reynolds D. Comparative survey of lead at selected sites in the British Isles in relation to air pollution // *Food and Cosmetics Toxicology*. – 1967. – № 5. – pp. 29–35.

81. Guideline for Sampling and Sample Treatment : Lombardy poplar (*Populus nigra 'Italica'*) / Wagner G. et al. – Trier: Trier University, 2009. – 13 p.

82. Klumpp A., Fangmeier A., Franzaring J. Drei Jahrzehnte Bioindikation von Luftschadstoffen mit Pflanzen an der Universität Hohenheim // *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*. – 2005. – № 11/12. – S. 492 – 497.

83. Larcher, W. *Ökophysiologie der Pflanzen* – 6. Aufl. Verlag Eugen. – Stuttgart, 2001. – 408 s.

84. Rühling, A., Tyler G. An ecological approach to the lead problem // *Botaniska Notiser*. – 1968. – Vol. 121. – pp. 321–342.

85. Standardisierte biologische Messverfahren zur Ermittlung und Bewertung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) in Deutschland / W. Nobel [et al.] // Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. – 2005. – № 11/12. – S. 478–484.

86. Wäber M., Pompe F. Biomonitoring von Luftverunreinigungen an Flughäfen im deutschsprachigen Raum // Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. – 2018. – № 4. – P. 166 – 170.

87. Wäber M. Erfolgsgeschichte Biomonitoring // Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. – 2008. – № 6. – P. 223 – 226.

88. Wittig, R. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants / R. Wittig. In: Markert B. (Ed.), Plants as Biomonitors. – Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1993. – pp. 3–27.

89. Zimmermann R. D. Pflanzen als Akkumulationsindikatoren // UWSF- Z. Umweltchem. Okotox. – 1995. – № 7. – S. 187–191.

### **Нормативно-методические документы**

90. Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения: методическое указание к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей / сост. О.Б. Назаренко. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.

91. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности / М.: Стандартиформ – 2007г, –37с.

92. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования / М.: Стандартиформ – 2007.

93. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты / М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

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

95. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования / М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
96. ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание / М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.
97. 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.
98. 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.
99. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы — введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов, 2003. - 14 с.
100. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Минздрав России, 1997.
101. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып. 2. Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1993. – 153 с.
102. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995.
103. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
104. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», 2008.
105. Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», 2013.

## Интернет ресурсы

106. Генеральный план города Иркутска [Электронные данные] – URL: <https://admirk.ru/Pages/generalniy-plan-goroda.aspx> (дата обращения 24.11.18).

107. Иркутск. Охрана окружающей среды [Электронные данные] – URL: [http://irkipedia.ru/content/irkutsk\\_ohrana\\_okruzhayushchey\\_sredy](http://irkipedia.ru/content/irkutsk_ohrana_okruzhayushchey_sredy) (дата обращения 10.03.19).

108. Основы растровой электронной микроскопии. Использование РЭМ в процессе электронной литографии. // Центр коллективного пользования. "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях [Электронные данные]. – Режим доступа: [http://ckp.rinno.ru/uploads/files/labs/SEM\\_EL\\_v.n2.0beta.pdf](http://ckp.rinno.ru/uploads/files/labs/SEM_EL_v.n2.0beta.pdf) , – загл. с экрана (дата обращения 22.12.2018)

109. Подробная топографическая карта Иркутска и его окрестностей 1:200000 [Электронные данные] – URL: <http://www.raster-maps.com/map-of-russia-158/> (дата обращения 20.12.2018 г.).

110. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области: население [Электронные данные] – URL: [http://irkutskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/irkutskstat/ru/statistics/population/](http://irkutskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/irkutskstat/ru/statistics/population/) (дата обращения 20.12.2018 г.).

111. Verein Deutscher Ingenieure [Электронные данные] – URL: <https://www.vdi.de/> (дата обращения 02.05.19).

## Приложение А

### Раздел 1

#### Biogeochemische Kriterien zur Beurteilung des ökologischen Zustands der Umwelt in städtischen Gebieten

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ71	Сербаева Кристина Николаевна		

Консультант – лингвист отделения геологии, ИШПР:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель  ОИЯ	Щеголихина Юлия Викторовна	канд. фил. наук		

## **1 Biogeochemische Kriterien zur Beurteilung des ökologischen Zustands der Umwelt in städtischen Gebieten**

Sobald bei einem Organismus ein bestimmter Umweltfaktor außerhalb des Toleranzbereiches bzw. im suboptimalen Bereich liegt, zeigt dieser Organismus, z.B. eine Pflanze, eine bestimmte spezifische Reaktion.

Von Bioindikation spricht man, wenn sich in Folge der Wirkung ein Rückschluss auf die Ursache ableiten lässt. Auf Grund der lückenlosen zeitlichen Erfassung durch ein Biomonitoringverfahren unter Berücksichtigung der pflanzlichen Reaktionsmechanismen ist das Verfahren eine sehr leistungsfähige Ergänzung der direkten physiko-chemischen Luftanalysen [76].

Der Eintrag verschiedenster Fremdstoffe in die Ökosysteme erfordert eine Kontrolle direkt am biologischen Objekt, um wirkungsrelevante Informationen zu erhalten. Viele Pflanzen reagieren sehr spezifisch auf Umweltbedingungen und können als Monitororganismen eingesetzt werden [75].

Bioindikatoren sind Organismen oder Organismengemeinschaften, die auf Umwelteinflüsse mit Veränderungen ihrer Lebensfunktionen, ihrer Strukturen und / oder ihrer chemischen Zusammensetzung reagieren und damit Rückschlüsse auf den Zustand der Umwelt ermöglichen [76].

Bioindikationsverfahren bieten sich sowohl für Umweltbeobachtungen an, die langfristig anthropogen bedingte Veränderungen in der belebten Umwelt erfassen sollen, als auch für emittentenbezogene Messungen [85].

Die Luftgüteüberwachung ist wahrscheinlich der Bereich, der sich die Bioindikation am intensivsten nutzbar gemacht hat [74].

Die Bioindikatoren akkumulieren die Luftverunreinigungen oder reagieren spezifisch darauf. So können die Wirkungen von Immissionen auf Vegetation und Nahrungskette erfasst werden [86].

Mithilfe von Bioindikatoren ist es möglich, im Biomonitoring eine zeitlich integrierende Kontrolle des Zustands der belebten Umwelt durchzuführen [75].

Biomonitoring-Verfahren sind seit Jahrzehnten etabliert und werden ständig weiterentwickelt [86].

Sie werden seit Jahrzehnten erfolgreich in nationalen und supranationalen Programmen zur Erforschung der Wirkung von Luftschadstoffen eingesetzt, z. B. im forstlichen und Moosmonitoringprogramm der UN-ECE Working Group on Effects of Transboundary Air Pollution [85].

Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die Europäische Union (EU) sehen in der Bioindikation ein großes Potenzial zur Überwachung, Kontrolle und Verbesserung der Luft- und Umweltqualität. Mittlerweile existieren mehr 20 VDI-Richtlinien und drei europäische Normen zum Biomonitoring von Luftverunreinigungen mit Höheren und Niederen Pflanzen (Tab.21).

Tabelle 21 – Aktuelle VDI-Richtlinien zur Bioindikation und europäische Normen zum Biomonitoring [111]

<b>Name</b>	<b>Titel</b>	<b>Ausgabe</b>
VDI 3857 Blatt 2	Beurteilungswerte für immissionsbedingte Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen - Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte ausgewählter anorganischer Luftverunreinigungen	2014-02
VDI 3957 Blatt 1	Grundlagen und Zielsetzung	2014-09
VDI 3957 Blatt 2	Verfahren der standardisierten Graskultur	2016-03
VDI 3957 Blatt 3	Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl	2008-12
VDI 3957 Blatt 5	Fichten-Expositionsverfahren	2001-12
VDI 3957 Blatt 6	Ermittlung und Beurteilung der phytotoxischen Wirkung von Ozon und anderen Photooxidantien - Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition	2003-04
VDI 3957 Blatt 8	Flächenbestimmung epiphytischer Flechten und Moose zum Nachweis von Umweltveränderungen	2015-07
VDI 3957 Blatt 10	Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren	2004-12
VDI 3957 Blatt 11 E	Einsatz von passiven Biomonitoringverfahren mit freistehenden Gehölzen	2017-08
VDI 3957 Blatt 12	Kartierung der Diversität epiphytischer Moose als Indikatoren für die Luftqualität	2006-07

VDI 3957 Blatt 13	Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für Luftgüt	2005-12
VDI 3957 Blatt 14	Phytotoxische Wirkungen von Immissionen anorganischer Fluorverbindungen - Verfahren der Standardisierten Gladiolen-Exposition	2005-11
VDI 3957 Blatt 15	Untersuchungsstrategie nach Schadensereignissen (passives Biomonitoring)	2014-02
VDI 3957 Blatt 16	Nachweis genotoxischer Verbindungen mit dem Tradescantia-Kleinkerntest	2015-10
VDI 3957 Blatt 17	Aktives Monitoring der Schwermetallbelastung mit Torf- moosen (Sphagnum-bag-technique)	2009-07
VDI 3957 Blatt 18	Erfassen von Stickstoffanreicherungen in der Blatflechte <i>Parmelia sulcata</i> zum Nachweis von Immissionswirkungen	2015-12
VDI 3957 Blatt 19	Nachweis von regionalen Stickstoffdepositionen mit den Laubmoosen <i>Scleropodium purum</i> u. <i>Pleurozium schreberi</i>	2009-12
VDI 3957 Blatt 20	Kartierung von Flechten zur Ermittlung der Wirkung von lokalen Klimaveränderungen	2017-07
VDI 3957 Blatt 21 E	Ermittlung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen anhand der Exposition der Blatflechte <i>Hypogymnia physodes</i>	2017-02
VDI 3959 Blatt 1 E	Bewertung der Stickstoffverfügbarkeit durch Ellenberg-Zeigerwerte der Waldbodenvegetation	2018-03
VDI 3793 Blatt 1	Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort; Verfahren der Luftbildaufnahme mit Color-Infrarot-Film	1990-03
VDI 3793 Blatt 2	Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern zur Kronenzustandserfassung von Nadel- und Laubgehölzen; Fichte, Buche, Eiche und Kiefer	1993-10
VDI 3793 Blatt 3	Erfassung und Monitoring von Bäumen und Waldbeständen anhand digitaler Luftbildaufnahmen - Planung und Durchführung digitaler Bildflüge	2017-09
VDI 4330 Blatt 9	Monitoring der Wirkungen von gentechnisch veränderter Organismen (GVO) - Erfassung der Diversität von Farn- und Blütenpflanzen - Vegetationsaufnahmen	2008-01
DIN EN 16413	Biomonitoring mit Flechten — Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten (Dt. Fassung EN 16413:2014)	2014-08
DIN EN 16414	Biomonitoring mit Moosen — Akkumulation von Luftschadstoffen in Moosen (passives Monitoring): Probenahme und Probenaufbereitung (Dt. Fassung EN 16414:2014)	2014-08

DIN EN 16789	Biomonitoring mit höheren Pflanzen - Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition (Dt. Fassung EN 16789:2016)	2016-12
--------------	--	---------

Umweltbundes- und Landesämter führen langfristig im Hintergrundbereich sowie emittentenbezogenes Biomonitoring durch. Biomonitoring wird teilweise als Auflage bei Genehmigungen, z. B. in Planfeststellungsverfahren, verordnet.

Das Biomonitoring unterscheidet zwischen zwei unterschiedlichen technischen Ansätzen: aktives und passives (Abb.20).

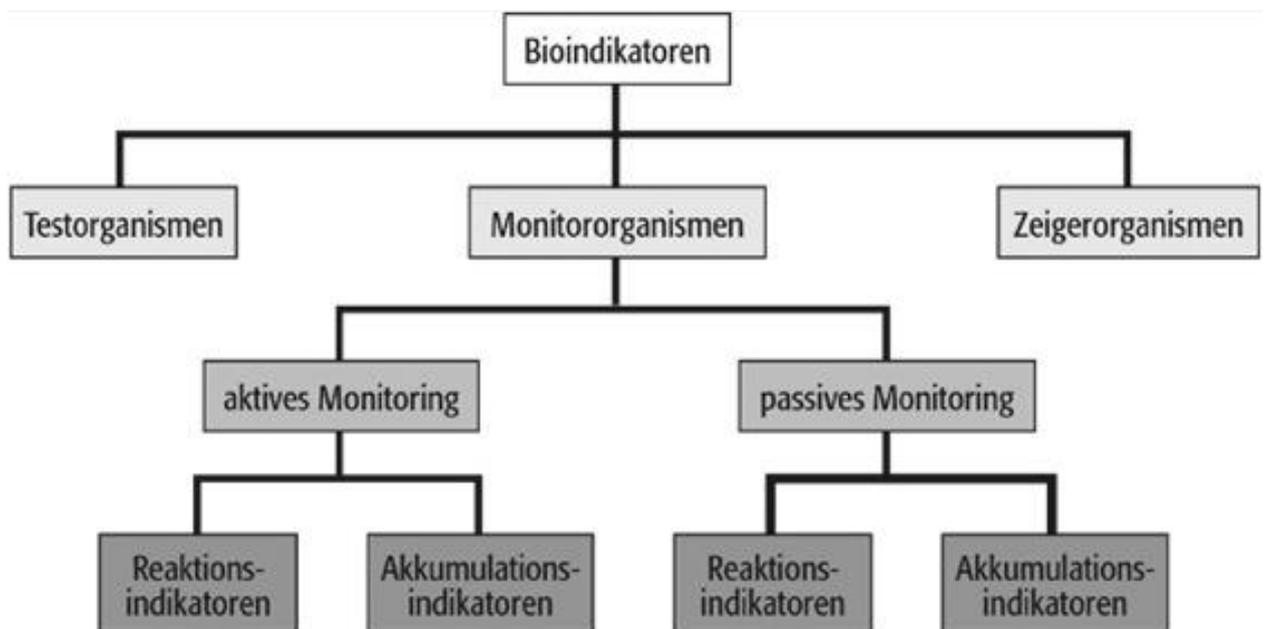


Abbildung 20 – Übersicht über die Nomenklatur in der Bioindikation [85]

Im aktiven Biomonitoring wird standardisiertes biologisches Material unter definierten Bedingungen am Untersuchungsort exponiert.

Im passiven Biomonitoring wird, im Gegensatz zum aktiven, am Untersuchungsort vorhandenes biologisches Material untersucht. Im Vergleich zum aktiven Verfahren, bei dem nur die Verhältnisse in der Expositionszeit wiedergespiegelt werden können, erlaubt der passive Ansatz eine retrospektive Wirkungsanalyse [85].

Beispiel für ein passives Biomonitoringverfahren mit einem Reaktionsindikator ist die Kartierung des Flechtenbewuchses an Bäumen als

Luftgüteanzeiger, vorrangig für säurebildende und eutrophierende Luftverunreinigungen [86].

Zu unterscheiden sind Reaktionsindikatoren, die mit spezifischen Symptomen reagieren, und Akkumulationsindikatoren, die Substanzen, meist ohne erkennbare Schädigung, signifikant über das Umgebungsniveau anreichern und damit einer entsprechenden Analytik zugänglich machen [85].

Höhere Pflanzen werden häufiger als akkumulative Indikatoren herangezogen.

Bei der Bearbeitung von ökologischen und okotoxikologischen Fragestellungen nehmen sie eine Sonderstellung ein [75]. Mit der Untersuchung von Pflanzen aus einem festgelegten Areal (passives Monitoring) können Rückschlüsse auf den ökologischen Zustand des betreffenden Standortes gezogen werden. Diese Tatsache wurde frühzeitig auch für die Bioindikation erkannt und genutzt.

Neben dem Vorkommen verschiedener Pflanzenarten an einem Untersuchungsort spielen die in diesen Organismen enthaltenen chemischen Stoffkonzentrationen bei der ökologischen bzw. okotoxikologischen Bewertung eines Standortes eine entscheidende Rolle [89].

Zwar sind fast alle Pflanzen verschiedenen Standortfaktoren ausgesetzt und von ihnen beeinflusst, doch ist nur ein Teil davon als Indikatoren einsetzbar.

Ein Organismus, der als Bioindikator eingesetzt wird, sollte eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Dazu gehören Standardisierbarkeit, Handhabbarkeit, leichte Auswertbarkeit, Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, er sollte genetisch einheitlich und die Wirkung quantifizierbar sein [75].

Weiter muss die zum Indikator gewählte Pflanzenart genügend bestimmte Art und Weise auf die Veränderung eines Umweltfaktors reagieren. Mit Hilfe von der Beobachtung und Durchsichtung bestimmter Pflanzengruppen kann man die unsichtbaren Veränderungen der Umwelt registrieren [83].

Bäume sind aufgrund ihrer starken Verbreitung, ihrer Langlebigkeit und Exposition nahezu ideale Bioindikatoren für das passive Monitoring zur Erfassung von luftgetragenen Schadstoffen und zur Bewertung des Ernährungszustandes [89].

Fast alle Organe der Bäume wurden bislang zur Bioindikation herangezogen. Neben den Wurzeln, der Borke, dem Holz und den Früchten sind überwiegend die Blattorgane untersucht worden.

Schwierigkeiten gab es früher bei der Probenahme der Blätter, was häufig zum Fällen des Baumes führte. Eine Wiederholungsbeprobung war somit aber nicht mehr möglich. Heute existieren baumschonende Beprobungstechniken, die die Grundvoraussetzung des Einsatzes von Bioindikatoren im passiven Monitoring erfüllen, d.h. den Organismus nicht nachhaltig durch den Vorgang der Probenahme schädigen [89].

Als Akkumulationsindikatoren für Schwermetalle eignen sich die Laub- und Nadelbäume, z.B. die sowohl in Städten als auch im Umland vorkommende Pyramiden-Pappel (*Populus nigra* 'Italica'). In Bulgarien werden die Blätter von Pyramiden-Pappeln aus 10 Jahren für die Evaluation der Belastung von As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb und Zn.

Ein weiterer bewährter Pflanzenteil zur Bioakkumulation ist die Borke. Eine Studie hat die Konzentrationen von vier Metallen (Cu, Pb, Fe, Cr) in Blätter- sowie Borkenproben aus drei europäischen Städten (Salzburg, Belgrade und Thessaloniki) verglichen. Die untersuchten Baumarten sind *Platanus orientalis* L. und *Pinus nigra* Arn. Im Vergleich zu den Blättern weisen die Borkenproben logischerweise einen höheren Gehalt von Schwermetallen. Auf der einen Seite sind die Borken resistenter gegen Verschmutzung als die Blätter und haben folglich eine höhere Schwelle dafür. Auf der anderen Seite können die Schadstoffe auf der Oberfläche von Blättern leichter vom Regenwasser abgewaschen werden. Bei manchen Bäumen werden außerdem die Blätter jährlich gewechselt [83].

Viele krautigen Nutz- und Zierpflanzen eignen sich auch zum aktiven Biomonitoring in Städten. Die häufig verwendete Arten sind u.a. die Petunien (insbesondere *Petunia hybrida*), die Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*), der Tabak (*Nicotiana tabacum*, Sorte Bel W3), die Gladiolen (*Gladiolus spec.*), der Grünkohl (*Brassica oleracea acephala*) und das Italienische Weidelgras (*Lolium multiflorum*

italicum, Sorte Lema). Eine ausführliche Zusammenstellung ist in dem Buch von (Arndt, Nobel, & Schweizer, 1987) zu finden.

Auch die Wildpflanzen sind für die Bioindikation nützlich. Z.B. reagieren die Kleine Brennessel (*Urtica urens*) und das Kleine Rispengras (*Poa annua*) empfindlich gegen PAN und Ozon. In den USA gilt *Poaannua* seit langem als empfindlicher Bioindikator für photochemischen Smog. Typische Schadsymptome sind Farbeveränderungen und Nekrosen an den Blättern [86].

Nach Halbwachs und Arndt (1991) ist der Einsatz von Indikatororganismen aus dem Florenbereich deshalb nicht zufällig, weil Pflanzen meist in entsprechender Anzahl vorhanden sind, ihre Umweltansprüche relativ leicht erfasst und beurteilt werden können und die meisten Pflanzen den Vorteil einer starken Standortgebundenheit aufweisen [76].

Die Aufnahme und letztendlich die Konzentration von Schadstoffen im Pflanzen sind von zahlreichen Faktoren abhängig.

Die Staubfilterung durch Pflanzen funktioniert nicht nach dem „Staubsaugerprinzip“ sondern basiert auf langsame Diffusion entlang entsprechender Diffusionsgradienten. Eine Reduktion von Gasen und Stäuben durch Vegetation ist nur dann effektiv, wenn die Bestände entweder nahe am Emittenten lokalisiert sind oder zumindest in Windrichtung von belasteten Luftpaketen durchströmt werden.

Entscheidend für das Staubfangvermögen der Pflanzen sind neben der Oberflächenbeschaffenheit der Blätter wie z.B. Relief, Rauigkeit, Behaarung, Benetzbarkeit, etc., Blattgröße, Ansatzwinkel und Blattstellung sowie Blattsteifigkeit, Windbeweglichkeit und Belaubungsdichte.

Im wesentlichen können laut aktuellen Untersuchungen zwischen der direkten Staubfilterung (Akkumulation) durch Blattoberflächen und der Selbstreinigungsmöglichkeit der Blätter (Lotus-Effekt) unterschieden werden.

Die Sedimentation von Staub wird in der Regel durch Faktoren wie Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte und Temperatur entscheidend beeinflusst. Neben der direkten Staubablagerung auf der bodennahen Bepflanzung bewirkt eine

Verringerung der Windgeschwindigkeit bei gleichzeitig höherer Luftfeuchte und tieferen Temperatur, dass verschiedene Staubklassen schneller zu größeren Partikeln agglomerieren und dadurch schwerkraftbedingt leichter sedimentieren können. Aus verschiedenen Untersuchungen konnte ermittelt werden, dass Vegetation nur dann windbremsende Wirkung erzeugen kann, wenn sie bodennah, also bis etwa 1 m Höhe direkt am Straßenrand oder auf dem Mittelstreifen angepflanzt wird. Direkt am Boden kann die Windgeschwindigkeit dabei sogar null sein, eine optimale Voraussetzung für die Sedimentation von Staub [83].

Die Schadstoffaufnahme voraus im Blatt über die Kutikula oder die Stomata erfolgen kann.

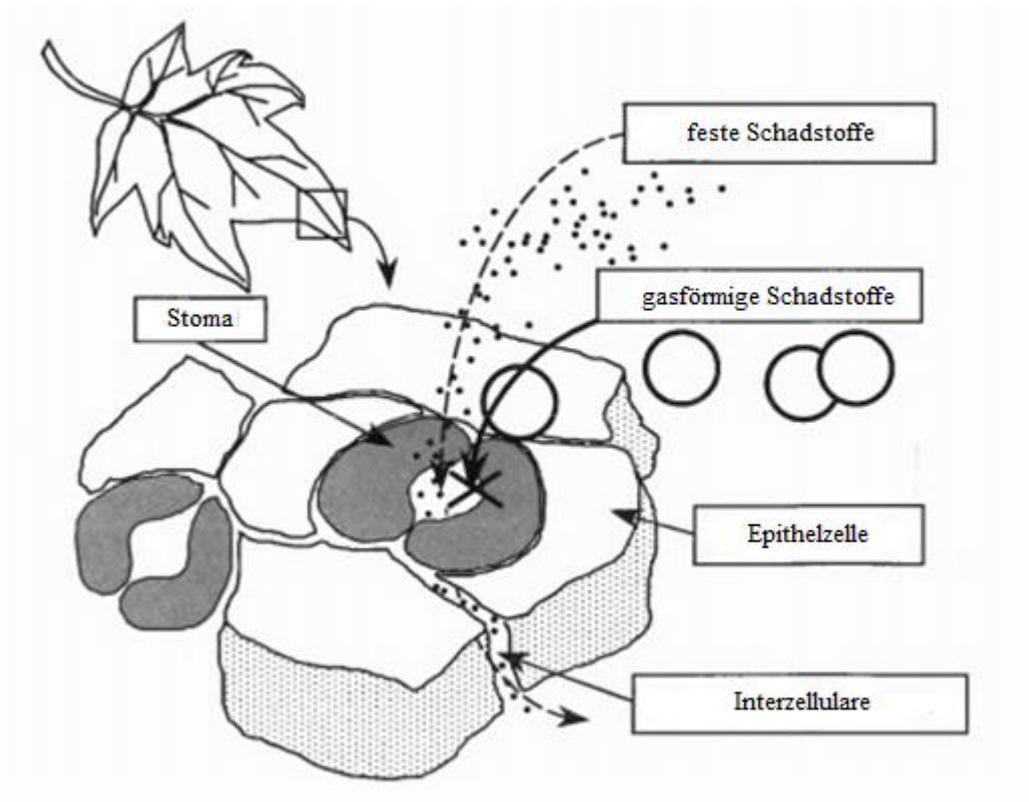


Abbildung 21 – Die Schadstoffaufnahme im Blatt über die Stomata [72]

Die Kutikula ist eine lipophile Außenhaut, die aus der äußeren Kutikula (Cuticle proper) und Kutikularschichten (Cuticular Layer) besteht. Chemisch ist sie aus Polymermatrix (Cutin und verschiedene Nichtlipide) und löslichen Kutikularlipiden zusammengesetzt. Von der äußeren Zellwand der Epidermis ist die Kutikula durch eine Cutinschicht getrennt. Cutin besteht aus einem

dreidimensionalen polymerisierten Gerüst, das sich aus Fettsäuren und Mono-, Di- und Trihydroxyfettsäuren mittels Ester-, Peroxid- und Etherbrücke zusammenfügt. Auf der Kutikula sind artspezifisch geformte Auflagerungen von epikutikularen Wachsen in sehr verschiedenen Mengen vorhanden. Die Kutikula begrenzt übermäßige Transpiration, vermindert die Auswaschung von Metaboliten und Mineralstoffen und bietet zugleich Schutz vor Infektionen, Witterung oder Strahlung. Erste Angriffspunkte für Immissionen stellen Blattoberflächen dar, die, wie rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen, die Struktur der epikutikularen Wachse beeinflussen können.

Die Schadstoffe dringen per Diffusion durch die Kutikula, was folgendermaßen abläuft:

1. Absorption an der Kutikulaoberfläche;
2. Diffusion durch die Kutikula;
3. Übertritt in die Wand der Epidermiszelle;
4. Aufnahme durch Plasmalemma der Epidermiszelle in das Zellinnere.

Die Permeation aller gasförmigen Substanzen von der Außenluft durch die Stomata in das Blattinnere wird vom stomatären Diffusionswiderstand, d.h. der Öffnungsweite der Stomata und vom Widerstand gegen das Eindringen in die Mesophyllzellen bestimmt [75].

Somit die Verschmutzungsgrad wird durch die klimatischen Faktoren (Lichtangebot, Temperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung, Niederschlag) den Standort (Boden, Entfernung zur Emissionsquelle, thermischen und dynamischen Turbulenzen aufgrund der Orographie) und natürlich der endogenen Faktoren (Pflanzenalter, Resistenz etc.) bestimmt [76].

Biomonitoring liefert vergleichbar reproduzierbare und zuverlässige Ergebnisse wie technische Immissionsmessungen und bietet darüber hinaus zahlreiche Vorteile.

*Die Vorteile und Nachteile des Biomonitorings gegenüber anderen  
Monitoringmethoden sind vielfältig*

Die Vorteile:

- Durch biologische Materialien wird ein besserer Einblick darüber gewährt, welche Schadstoffe tatsächlich in einem Lebensraum wirksam deponiert werden.
- Es können genauere Informationen über die Menge und Wege der Schadstoffe in der Nahrungskette erlangt werden.
- Man kann die tatsächlichen Auswirkungen eines Schadstoffes im Ökosystem erkennen, bzw. die Pufferkapazitäten eines Systems abschätzen.
- Biomonitore erlauben ortsunabhängige Einsatzmöglichkeit, weil sie unabhängig von jeglicher technischer Energieversorgung sind und keiner Infrastruktur bedürfen. Sie sind daher sowohl für punktuelle als auch flächendeckende Untersuchungen geeignet.
- Bioindikatoren erfassen in nur einem Messvorgang eine Vielzahl von Stoffen: unter anderem Spuren- und Schwermetalle, Fluoride, Chloride, Schwefel, Stickstoff, Fotooxidantien, Dioxine und Furane, polychlorierte Biphenyle, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).
- Im Gegensatz zu technischen Meßgeräten haben sie nur geringen (aktives Monitoring) oder keinen Betreuungsaufwand.
- Biomonitoringmethoden sind im Vergleich mit technischen Geräten extrem kostengünstig
- Sie sind außerdem wenig auffällig, und dementsprechend weniger anfällig gegenüber Vandalismus.

Die Nachteile:

- Die Resultate sind zumeist abhängig von den eingesetzten Arten und können nicht immer standardisiert werden.
- Die Untersuchungsgebiete sind (zumindestens im passiven Monitoring) auf die Verbreitungsgebiete der Bioindikatoren beschränkt.

- Einzelne Schadstoffe sind in ihrer Einzelwirkung nicht immer klar erfaßbar bzw. zu trennen. Einerein additive Wirkung muß oft einer multiplikativen Wirkung weichen.

- Schwankungen im genetischen bzw. physiologischen Bereich können Ergebnisse verfälschen.

- Tierfraß, Pflanzenkrankheiten, Klimaschwankungen usw. können das Untersuchungsprogramm bisweilen beeinträchtigen [82].

Angesichts der jeweiligen Vor- und Nachteile ist eine gegenseitige Ergänzung der technischen und biologischen Ansätze sinnvoll.