

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки «Экология и природопользование»

Кафедра геоэкологии и геохимии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Особенности минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой и импактной территориях Томской области</b>

УДК 502.175:581.45(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г31	Макаренко Татьяна Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель кафедры ГЭГХ	Ялалтдинова Альбина Рашидовна	К.Г.-М.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова Маргарита Радиевна	К.Г.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Кырмакова Ольга Сергеевна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ГЭГХ	Язиков Егор Григорьевич	Д.Г.-М. Н., профессор		

Томск – 2017 г.

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки «Экология и природопользование»

Кафедра геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Г31	Макаренко Татьяне Владимировне

Тема работы:

Особенности минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой и импактной территориях Томской области	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2673/с от 19.04.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <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>	Литературные материалы, результаты собственных научных исследований (пробы листьев яблони, тополя, сирени, клена, отобранных на территории Томской области).
--	--

<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. Роль электронной микроскопии в оценке загрязнения атмосферного воздуха             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Листья городских насаждений как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха</li> </ol> </li> <li>2. Геоэкологическая характеристика территории исследования</li> <li>3. Методика отбора проб и метод анализа</li> <li>4. Особенности минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев</li> <li>5. Социальная ответственность при исследовании поверхности листьев методом электронной микроскопии</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение при выявлении особенностей минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой и импактной территориях Томской области</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Карта отбора проб, обзорные карты, таблицы с результатами ранее проведенных исследований на территории г.Томск, фотографии частиц с электронного микроскопа, таблицы количественного элементного состава частиц</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 style="text-align: center;">«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p style="text-align: center;">Доцент кафедры ЭПР Цибульникова М.Р.</p>
<p style="text-align: center;">«Социальная ответственность»</p>	<p style="text-align: center;">Ассистент кафедры ЭБЖ Кырмакова О.С.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: нет</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">Ст.преподаватель кафедры ГЭГХ</p>	<p style="text-align: center;">Ялалтдинова Альбина Рашидовна</p>	<p style="text-align: center;">к.г.-м.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">2Г31</p>	<p style="text-align: center;">Макаренко Татьяна Владимировна</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ  
ЛИСТЬЕВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Г31	Макаренко Татьяне Владимировне

Институт	ИПР	Кафедра	ГЭГХ
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)</p>	<p>В ходе исследований изучаются особенности минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой и импактной территориях Томской области. Объектом исследований являются листья яблони, тополя, клена, сирени.</p> <p>Рабочее место:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лабораторный этап – исследование листьев на электронном микроскопе в лаборатории кафедры ГЭГХ, ТПУ.</li> <li>2. Камеральный этап – обработка полученных результатов на персональном компьютере.</li> </ol>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<p>В разделе приводится описание всех опасных и вредных факторов, возникающих при лабораторных и камеральных работах.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточная освещенность.</li> <li>2. Отклонение показателей микроклимата в помещении;</li> <li>3. Степень нервно-эмоционального напряжения;</li> <li>4. Воздействие электромагнитного поля.</li> </ol> <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электрический ток;</li> <li>2. Пожароопасность.</li> </ol>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p> <p>Анализ воздействия на окружающую среду</p>	<p>В результате реализации исследований в ВКР решений источников загрязнения окружающей среды не выявлено.</p> <p>Данное исследование и используемые материалы не будут влиять на атмосферу, гидросферу и литосферу.</p>

<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b> Перечень возможных ЧС, мер по предупреждению, разработка действий в результате возникшей ЧС.	В разделе описывается безопасность при возникновении пожара при лабораторном и камеральном этапе.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	В разделе приведены специальные правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Кырмакова Ольга Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г31	Макаренко Татьяна Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ  
МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЫЛЕВЫХ ВЫПАДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ  
ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ НА ФОНОВОЙ И ИМПАКТНОЙ  
ТЕРРИТОРИЯХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Г31	Макаренко Татьяне Владимировне

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	05.03.06 Экология и природопользование

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемой технике и технологии
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18 %

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

<i>1. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Технико-экономическое обоснование; Линейный график выполнения работ
<i>2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной эффективности исследования</i>	Расчет затрат на проведение работ

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

<i>1. Карта-схема выполнения работ</i>
--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибульникова Маргарита Радиевна	К.Г.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г31	Макаренко Татьяна Владимировна		

## Результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р1	Владеть культурой мышления, глубокими базовыми и специальными знаниями отечественной истории, философии, экономики, правоведения, уметь использовать их в области экологии и природопользования; иметь ясные представления о здоровом образе жизни	Требования ФГОС (ОК-1-8; ПК-7); Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.5, 5.2.9, 5.2.16)
Р2	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические знания, необходимые для владения математическим аппаратом экологических наук, для обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию, применять профессиональные знания в области экологии и природопользования, практической географии, физики, химии и биологии и способны использовать их в области экологии и природопользования	Требования ФГОС (ОПК-1-9; ПК-1, 2, 11, 14-16, 19, 21); Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3, 5.2.5, 5.2.9, 5.2.16)
Р3	Уметь применять экологические методы исследований при решении типовых профессиональных задач, владеть методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, 2, 7-9; ПК-1-2, 4-6, 8-11, 14-17, 19-21); Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, 5.2.3, 5.2.8, 5.2.10.)
Р4	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 (ОК-6-7; ОПК-1, 8, 9; ПК-4,6,8-11, 16, 21); Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12-5.2.16)
Р5	Использовать теоретические знания, методы обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации на практике; самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6-7, ОПК 1, 2, 8-11, 13, 19-21); Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 6 глав и заключения.

Список литературы представлен 52 источниками.

Объем работы 82 страницы, включая 37 таблиц и 45 рисунков.

Ключевые слова: древесные насаждения, поверхность листьев, осаждение частиц, пылевые выпадения, твердые частицы, минеральный состав, электронная микроскопия.

Объектом исследования является поверхность листьев древесных насаждений (тополь, яблоня, клен, сирень).

Цель работы: изучение особенностей минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой (с.Калтай) и импактной (пл.Новособорная, г.Томск) территориях Томской области.

В процессе исследования проводился обзор литературы по теме, составлялся физико-географический очерк, описание геоэкологической характеристики территории, отбор проб листьев древесных насаждений в районе исследования, описание метода исследования, лабораторные исследования методом электронной растровой микроскопии с приставкой для микроанализа (Hitachi S3400n с приставкой Bruker XFlash 4010), анализ и обработка полученных данных.

Всего было проанализировано 5 проб листьев (яблоня, сирень, клен, тополь с адаксиальной и абаксиальной стороны).

Область применения: результаты могут быть использованы для дальнейших исследований состояния воздуха на территории города, а также при выборе вида древесной растительности, обладающего наибольшим пылевым захватом, для экологизации городских территорий.

Экономическая целесообразность и выгода не являются прямой целью работы, полученные результаты можно использовать при планировании исследований состояния приземного воздуха на территории города Томск.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
1. Роль электронной микроскопии в оценке загрязнения атмосферного воздуха.....	13
1.1 Листья городских насаждений как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха.....	14
2. Геоэкологическая характеристика Томской области.....	21
2.1 Физико-географический очерк.....	21
2.2 Характеристика основных источников антропогенного загрязнения.....	27
2.3 Краткий обзор ранее проведенных эколого-геохимических исследований.....	30
3. Методика отбора проб и метод анализа .....	37
3.1 Методика пробоотбора и пробоподготовки листьев.....	37
3.2 Метод электронной микроскопии с приставкой для микроанализа.....	38
4. Особенности минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев.....	41
5. Социальная ответственность при исследовании поверхности листьев методом электронной микроскопии.....	60
5.1 Производственная безопасность.....	60
5.2 Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению.....	61
5.3 Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению.....	63
5.4 Экологическая безопасность.....	65
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	65
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение при выявлении особенностей минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой и импактной территориях Томской области.....	68
6.1 Техническое задание.....	68
6.1.1 Планирование и управления научно-техническим проектом.....	69
6.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ.....	71
6.3 Расчет сметной стоимости проектируемых работ.....	73
6.4 Общий расчет сметной стоимости.....	76
Заключение.....	78
Список литературы.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Возрастающая индустриализация и антропогенная деятельность усиливают выброс различных загрязнителей в окружающую среду и вносят в атмосферу различные вредные вещества. Уровень загрязнения приземного атмосферного воздуха городских и пригородных районов быстро растет.

На территории города твердые частицы в воздухе, главным образом, происходят от антропогенных источников - сжигание ископаемого топлива, промышленные и автомобильные выбросы.

Помимо загрязнения воздуха, частицы могут попасть на земные и водные поверхности, накапливаться в почвах или донных отложениях и в конечном итоге привести к биоаккумуляции в пищевых цепях.

Загрязнение воздуха представляет серьезную угрозу для здоровья людей. Городские жители подвергаются особому риску – твердые частицы из воздуха могут проникать глубоко в легочные проходы и негативно воздействовать на организм.

Растения играют важную роль в удалении пылевых выпадений из атмосферы в городских районах, они могут поглощать эти твердые частицы из атмосферного воздуха. Чувствительность видов растений к адсорбции напрямую зависит от структурных характеристик листовой поверхности.

**Целью данной работы** является анализ листовой поверхности тополя, яблони, клена и сирени методом сканирующей электронной растровой микроскопии с приставкой для микроанализа для выявления особенностей минерального состава осажденных частиц, а также различий в степени накопления пылевых выпадений.

Территорией исследования является Томская область, а именно площадь Новособорная в городе Томск как импактная территория и село Калтай как условно фоновая.

### **Задачи исследований:**

1. Изучение имеющегося у зарубежных коллег опыта изучения твердых частиц на листьях различных видов древесной растительности с помощью электронной растровой микроскопии;
2. Описание физико-географических характеристик территории исследований;
3. Описание методики отбора проб, пробоподготовки и метода анализа;
4. Пробоотбор листьев древесной растительности на исследуемых территориях;
5. Изучение поверхности листьев тополя, сирени, клена и яблони под электронным растровым микроскопом с приставкой для микроанализа;
6. Выявление особенностей минерального состава пылевых выпадений;

7. Выявление по результатам исследования вида древесной растительности наиболее эффективного для экологизации городских территорий;

8. Рассмотрение вопросов производственной безопасности, связанные с работой на ПК и электронном растровом микроскопе в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ кафедры ГЭГХ ТПУ;

9. Расчёт затрат, необходимых для исследования листьев с помощью электронного растрового микроскопа с приставкой для микроанализа.

**Фактический материал и методы исследований:**

Работа основана на результатах исследования 5 проб поверхностей листьев яблони, тополя, клена и сирени, 4 из которых отобраны на территории г. Томск и 1 в с.Калтай. Анализ проводился с помощью электронного микроскопа Hitachi S3400N с приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010.

## 1 РОЛЬ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ В ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Атмосферный воздух в настоящее время загрязнен не только газообразными соединениями, но также и твердыми частицами.

Загрязнители в приземный атмосферный воздух попадают, в основном, в результате антропогенной деятельности человека, например, промышленной деятельности, автомобильного движения, сжигания ископаемого топлива, древесины и отходов.

К примеру, сжигание ископаемых видов топлива является основным антропогенным источником для Be, V, Co, Ni, Se, Mo, Sn, Sb и Hg. Высокие проценты Ni, Cu, Zn, As и Cd выделяются из промышленных металлургических процессов. Наиболее интенсивным источником загрязнения воздуха в городах является автомобильный транспорт. Автомобили сжигают смесь бензина и масла, выделяют облако токсичного дыма. Бензиновые и дизельные двигатели выделяют широкий спектр загрязняющих веществ, главным образом, бензол, углекислый газ, органические соединения свинца, оксиды азота, сероводород и также взвешенные твердые частицы, содержащие металлы (Cd, Co, Cu, Zn и т. д.) [8, 11-13, 17].

Загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами является серьезной проблемой для людей и состояния окружающей среды.

Осаждение в легких вдыхаемых частиц из воздуха может иметь прямые последствия для здоровья людей. Косвенное влияние на общественное здравоохранение заключается в отложении загрязнителей воздуха в компонентах окружающей среды и поглощении растениями и животными. В результате чего загрязняющие вещества попадают в пищевую цепь или присутствуют в питьевой воде, и тем самым являются дополнительными источниками воздействия на человека.

Кроме того, прямое воздействие загрязнителей воздуха на растения, животных и почву может влиять на структуру и функционирование экосистем, включая их способности к саморегуляции, тем самым влияя на общее качество жизни [12].

Информация о химическом состоянии атмосферных пылевых выпадений может считаться ценным показателем загрязнения окружающей среды, это позволяет более качественно и количественно идентифицировать источники загрязнения.

При измерении концентрации пыли в атмосферном воздухе и изучении ее геохимических и минералогических особенностей предпочтение отдают методам, основанным на предварительном ее осаждении.

Разработаны снегогеохимические съемки, где снег исследуется в качестве планшета для осаждения пыли. Фильтрация снеготалой воды позволяет получить осадок, который представляет собой все твердые частицы, которые поступают из атмосферного воздуха [52]. Как недостаток таких исследований можно выделить значительную пробоподготовку.

Также в настоящее время для оценки загрязнения воздуха пылью используются различные фильтры с адсорбируемым материалом, пыль в дальнейшем может исследоваться под электронным микроскопом.

Фильтры требуют установки, постоянного контроля и смены, в то время как листья древесных насаждений в городских территориях являются естественными поглотителями пылевых выпадений. Использование растительности в качестве пассивного пробоотборника в биомониторинге имеет преимущество высокого пространственного и временного разрешения из-за отличной доступности растений [9].

Метод электронной микроскопии с приставкой для микроанализа может существенно помочь в подобных исследованиях пылевых выпадений.

К тому же, результаты, полученные при исследовании поверхностей листьев на предмет осажденных частиц методом электронной микроскопии с приставкой для микроанализа, являются достаточно информативными – данные исследования позволяют узнать химический, а также и минералогический состав частиц. При дальнейших анализах эта информация поможет выявить предполагаемые источники загрязнения атмосферного воздуха.

### **1.1 Листья городских насаждений как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха**

Городская растительность является фильтром и биологическим поглотителем атмосферных загрязнителей. Исследование растительных тканей городских районов показало, что древесные насаждения являются эффективными индикаторами загрязнения приземной атмосферы.

Деревья могут быть пригодны для долгосрочной стратегии мониторинга, поскольку они являются долгоживущими организмами по сравнению с травами. По сравнению с лишайниками и мхами в качестве биоиндикаторов деревья выгодны, потому что они широко распространены в городах как основная жизненная форма растений. Они постоянно подвергаются воздействию атмосферных загрязнителей посредством влажного и сухого осаждения [4].

Так, во многих городах проводится оценка качества воздуха в городской среде комплексным мониторингом, включающим исследование листьев и осажденных на них

частиц с помощью электронного микроскопа и различных приставок, позволяющих определять содержание химических элементов.

Много проводится исследований состояния растительности вдоль дорог. В Больцано, Италия, на содержание Pb, Cd, Mn, Cu, Mo, Sb, Zn, Pt, Pd были исследованы листья клена белого (*Acer pseudoplatanus* L), березы повислой (*Betula pendula* Roth), граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.) и др. в районах с различной степенью интенсивности движения: 5000, 5000-7500 и >10000 автомобилей в день. Общее содержание металлов в листьях, как показало исследование, в значительной степени связано с различной степенью интенсивности движения на участках отбора проб [4].

Подобные исследования проводились в Дамаске, Сирия (изучение химического состава листьев кипариса вечнозеленого (*Ligustrum ovalifolium*) и бересклета японского (*Euonymus japonicus*)). Было установлено, что Zn в листьях обусловлен выхлопами автомобилей, также износом шин, загрязнение Pb обусловлено использованием этилированного бензина [7].

В Афинах, Греция, исследования показали, что Zn, Cu, Pb, Fe, Cd, Mg, Mn в листьях связаны с загрязнением в результате движения транспорта, но также привнос идет и с промышленными выбросами [1].

Некоторые исследования направлены на изучение морфологических изменений листьев, связанных с загрязнением окружающей среды. Изменение морфологических параметров листьев городских деревьев может быть использовано в качестве эффективного экологического показателя загрязнения воздуха в городских районах.

В Лакхнау, Индия, где одной из главных проблем также является плотность транспортного движения, были отобраны листья насаждений, растущих вдоль дорог: ночной жасмин (*Nyctanthes arbor-tristis* L.), квискалис индийский (*Quisqualis indica* L.), кукухба (*Terminalia arjuna*) - с целью изучения под микроскопом наличия осажденных частиц и морфологических изменений. Листья в данном исследовании подвергали дегидратации и высушивали в сушилке с критической точкой с использованием жидкого CO<sub>2</sub>. Вырезали кусочки листа (около 1,00 см<sup>2</sup>). Два кусочка высушенного материала, один с абаксиальной и другой с адаксиальной поверхностью, были установлены бок о бок на предметном столике с помощью двухсторонней клейкой ленты. Образцы были покрыты тонким слоем золота в устройстве для ионного распыления и исследовали под сканирующим электронным микроскопом (Philips XL-20, Нидерланды) при ускоряющем напряжении 10 кВ [8].

По сравнению с листьями на фоновом участке, на загрязненных участках эпидермиальные клетки нерегулярные и неправильной формы, клеточные границы не ясны, устьица засорены в результате осаждения частиц.

Цель ряда исследований заключается в идентифицировании растений (по морфологическим признакам листовой поверхности), способных к наибольшему пылевому захвату. Так выявляются растения с наибольшей стрессоустойчивостью и рекомендованные для городской экологизации. Например, листья с неровной шероховатой поверхностью, липким веществом и впалыми устьицами на поверхности благоприятны для осаждения частиц.

Исследования в Пекине показали, что вяз (*Ulmus pumila* L.) и ива (*Salix babylonica* L.) эффективно накапливали мелкодисперсную пыль ( $PM_{2,5}$ ), гинкго (*Ginkgo biloba* L.) же имеет наименьшую способность к осаждению твердых частиц. Образцы в этом исследовании хранили в эксикаторе с аллохромным силикагелем без вакуума при комнатной температуре в течение 3-7 дней, пока они полностью не высохли. Для каждого вида вырезали из центра пластинки (приблизительно  $3 \times 3$  мм<sup>2</sup>) с помощью ножниц. Для каждого образца адаксиальные и абаксиальные части фиксировали на алюминиевой пластине с проводящей двусторонней липкой лентой и исследовали с использованием сканирующего электронного микроскопа S-4800 (Hitachi Company, Япония), работающего при ускоряющем напряжении 1,5 кВ. В этом исследовании площадь поверхности с частицами на поверхности адаксиальных листьев трех тестируемых видов в основном составляла от 5% -50% против 3% -35% на поверхности абаксиального листа [15].

В исследовании [14] также подтвердили, что на листьях гинкго осаждаются меньше твердых частиц. В этом же исследовании показано, что наибольший захват пыли имеют питтоспорум тобира (*Pittosporum tobira*), красная китайская сосна (*Pinus tabuliformis*), бирючина лоснящаяся (*Ligustrum lucidum*), калина душистая (*Viburnum odoratissimum*), кедр гималайский (*Cedrus deodara*), платан клёнолистный (*Platanus hispanica*). Для каждого вида вырезали участок около 5 мм  $\times$  5 мм из центра листьев, закрепляли с помощью двусторонней липкой ленты на предметном столике и исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии (JSM-6510, Япония).

Листья бирючины японской (*Ligustrum japonicum*) и оливы европейской (*Olea Europaea*) были рекомендованы в качестве биоиндикатора тяжелых металлов по результатам исследования, проведенного в Баку, Азербайджан. Для подготовки образцов для адаксиальной и абаксиальной листовой поверхности были срезаны участки площадью 1 см<sup>2</sup> из немых листьев. Образцы листьев оставляли для высушивания в комнате без какого-либо покрытия или обработок. Для анализа образцы фиксировали на держателе с

помощью двойного скотча (Carbon sticker), а затем образцы покрывали золотым палладием под вакуумом с использованием Sputterer. Образцы фотографировали с помощью микроскопа JSM-4300LV, JEOL) [17].

Несмотря на то, что исследованные виды страдали от некоторых морфологических изменений, они оставались здоровыми, и могут быть рекомендованы для выращивания вдоль обочин в районах, загрязненных выбросами автомобилей.

В Манчестере, Великобритания, изучались растения, высаженные на двух крышах в районах с большой транспортной нагрузкой. Были выбраны следующие растения: полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera*), овсяница красная (*Festuca rubra*), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata*), очиток белый (*Sedum album*), все они выращивались вдали от источников загрязнения. Исследования проводились с помощью электронного микроскопа FEI XL30 [10].

Исследования показали, что такие «зеленые крыши» с полевицей и овсяницей эффективны, хотя и не столь эффективны, как уличные деревья – из-за пониженной шероховатости поверхности, длины листьев и удаленного расстояния от источников.

Исследования некоторых растений обусловлено их ролью в жизни человека. Так, в Замбии была исследована маниока, листья и клубни которой местные жители употребляют в пищу. Результаты показали, что содержание Zn в листьях очень высоки и даже выше, чем содержание этого элемента в почве примерно в 2,5 раза. Содержание Cu в листьях также выше, по сравнению с содержанием в клубнях. Листья маниоки, выращиваемые в непосредственной близости к алюминиевому заводу в Коппербельте покрыты мелкими частицами пыли, состоящей обычно из фрагментов кварца, полевого шпата и глинистых минералов. Иногда также встречаются фрагменты шлака с повышенным содержанием металлов – Fe и Cu – а также потенциально токсичных элементов, таких как Bi и Pb [6].

В Индии исследовано осаждение частиц на листе двух важных для медицины растений: кукухба (*Terminalia arjuna*) и шелковица белая (*Morus alba*) Листья были отобраны в жилой зоне и промышленном районе. Результаты показали, что в промышленном районе осажденных частиц было в 2,5 раза больше, чем в жилом районе. Уровни хлорофилла, каротиноидов и растворенного сахара уменьшены, в то время как уровни аскорбиновой кислоты и аминокислоты пролина увеличены с увеличением количества осажденных частиц [5].

В городе Антверпен, Бельгия, исследовались листья плюща обыкновенного (*Hedera helix* L). В качестве мест отбора проб листьев были выбраны лесопарковая зона, сельская местность, перегруженные перекрестки дорог в городе, район промышленного комплекса

и железнодорожных линий. Лесопарковая и сельская зоны были расположены на значительно удаленном расстоянии от центра Антверпена (около 37 км), чтобы ограничить подверженность листьев транспортным, промышленным и железнодорожным выбросам. Целевая промышленность связана с переработкой и рециклингом драгоценных и других цветных металлов [2, 3].

Из каждого собранного листа плюща вырезался круглый образец диаметром 1 см из центра листовой пластинки между жилами. Для каждой пробы (всего восемь листьев) было получено четыре адиаксиальных и четыре абаксиальных образца. Каждый образец фиксировали на металлическом штифте, используя проводящую двухстороннюю ленту, и оставляли высыхать при комнатной температуре в течение трех дней. Перед микроскопическим анализом образцы подвергали вакуумному покрытию углеродом, используя устройство CED 010 (Balzers Union). Образцы исследовались с использованием сканирующего электронного микроскопа Quanta 250 с полевой эмиссионной пушкой (FEI, США), работающего в условиях высокого вакуума ( $10^{-3}$  Па), с ускоряющим напряжением 20 кВ, увеличением 500х.

Затем частицы анализировали с использованием энергодисперсионного рентгеновского детектора. Анализом остаточной намагниченности изучалось содержание Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb в зависимости от типа землепользования. Наибольшие величины твердых осажденных частиц и показатели загрязнения металлами были выявлены на перекрестках дорог и в промышленном районе.

В Белграде, Сербия, отбор проб листьев конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.), орешника медвежьего (*Corylus colurna* L.) и липы пушистой (*Tilia tomentosa*) проводился также с учетом нагрузки на территорию (район офисных зданий в городе, автопарк, парки и ботанический сад) в период с 2002 по 2006 года. Отбор проб проводился в начале и конце вегетации. Листья, растущие на высоте 2 м, обрезали ножницами из нержавеющей стали. Отбор проб растительного материала осуществлялся с использованием полиэтиленовых перчаток и мешков. Образцы листьев сушили на воздухе в чистой комнате. Образцы были проанализированы с помощью электронного микроскопа с приставкой для микроанализа JOEL JSM-5300 (энергия электронного пучка составляла 30 кэВ), Philips XL30, оборудованный системой тонкого окна EDAX DX4 для энергодисперсионного рентгеновского микроанализа. Перед анализом образцы покрывали слоем высокочистого углерода (10-15 нм) с использованием вакуумного испарителя (Balzers/Union FL-9496). Наблюдения проводились при увеличении до 2000х. Частицы наблюдались обратными рассеянными электронами [11-13].

Исследования на электронном микроскопе показали, что 50-60% осажденных частиц на обеих сторонах листьев относятся к классу мелких частиц ( $D < 2$  мкм). Твердые частицы были распределены с более высокой плотностью на адаксиальной поверхности листьев. Химический анализ показал, что наиболее распространенными частицами были сажа (C) и пыль (Si, Al, Fe, Mg, N, S, Ca, K, Cl) с незначительным количеством других компонентов: Pb, Zn, Ni, V, As, Ti, Cu и Cd. Также выявлено сезонное увеличение концентраций элементов с мая по сентябрь. Было выдвинуто предположение, что в основном частицы оседают на листьях в результате движения транспорта.

В исследовании [9] изучали лиственный платан восточный (*Platanus orientalis*) и хвойную сосну черную (*Pinus nigra* Arn.) в 3 городах Европы: Зальцбург (Австрия), Белград (Сербия), Салоники (Греция). Деревья были выбраны в зоне, находящейся недалеко от центра города, и зоне без прямого источника загрязнения за городом (фон). Изучалась как внешняя сторона листа, так и внутренняя. Исследования проводились на сканирующем микроскопе JEOL JMS-840A (энергия электронного пучка составляла 20 кэВ), снабженном микроаналитической системой Oxford ISIS 300.

Наименьшие концентрации загрязняющих веществ были обнаружены в пробах Зальцбурга. Исследователи объяснили это меньшим размером и населением города и значительным сокращением использования этилированного бензина по сравнению с Белградом и Салониками, где распространено использование старых автомобилей, работающих на таком бензине. Было отмечено, что большие частицы (20-40 микрометров), как правило, концентрируются на верхней (адаксиальной) поверхности, тогда как частицы с меньшим диаметром (1-20 микрометров) локализованы на нижней (абаксиальной) поверхности.

Таким образом, основные цели исследований поверхностей листьев городских насаждений методом электронной микроскопии могут быть различными (таблица 1.).

Таблица 1 - Основные цели исследования поверхности листьев растительности под электронным микроскопом

Цель исследования	Место отбора	Суть исследования
1	2	3
Выявление различий на условно фоновых и импактных территориях	Антверпен, Бельгия	Исследование металлического депонирования на городских насаждениях по различным типам землепользования [2, 3]
	Белград, Сербия	Изучение химического состава частиц [11-13]

## Окончание таблицы 1

1	2	3
	Зальцбург (Австрия), Белград, (Сербия), Салоники (Греция).	Выявление степени загрязнения воздуха в городах по осажденным частицам на поверхности листьев [9]
	Дамаск, Сирия	Загрязнения листьев деревьев тяжелыми металлами вблизи автомобильной дороги [7]
	Больцано, Италия	Накопление тяжелых металлов в листовых породах деревьев вблизи дорог с различной интенсивностью движения [4]
	Афины, Греция	Оценка загрязнения листвы тяжелыми металлами в центральном районе Афин и пригородах [1]
Изучение морфологических изменений листьев вызванных загрязнением окружающей среды	Лакхнау, Индия	Морфологические изменения листьев под воздействием автомобильной эмиссии газов/частиц [8]
Выявление растений, способных к наибольшему пылевому захвату	Сиань, Китай	Выбор растений для озеленения по способности захвата пыли [14, 15]
	Пекин, Китай	
Изучение загрязнения растений, используемых в медицине и пище	Коппербелт, Замбия	Распределение элементов в различных частях растения, используемого в пищу [6]
	Нью-Дели, Индия	Накопление и влияние городской пыли на 2 вида лекарственных растений в разные сезоны [5]

Таким образом, листья городских насаждений дают качественную и количественную оценку загрязнения окружающей среды. Их исследование методом электронной микроскопии с приставкой для микроанализа позволяет установить содержание химических элементов в листьях и охарактеризовать осажденные на них частицы.

Следующим этапом данной работы является изучение поверхностей листьев различных древесных насаждений в Томской области.

## 2 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

### 2.1 Физико-географический очерк

Томская область располагается на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Площадь ее составляет 314,400 км<sup>2</sup>. Она протягивается с севера на юг около 600 км, с запада на восток примерно 780 км [20].

Томская область на севере имеет границу с Тюменской областью, на юге – с Кемеровской, Новосибирской областями, на западе граничит с Омской, и на востоке – с Красноярским краем.

На территории Томской области расположены Обь-Тымская низменность, Васюганская, Чулымская, а также Кетско-Тымская наклонные равнины [30].

Физическая карта Томской области представлена на рисунке 1.

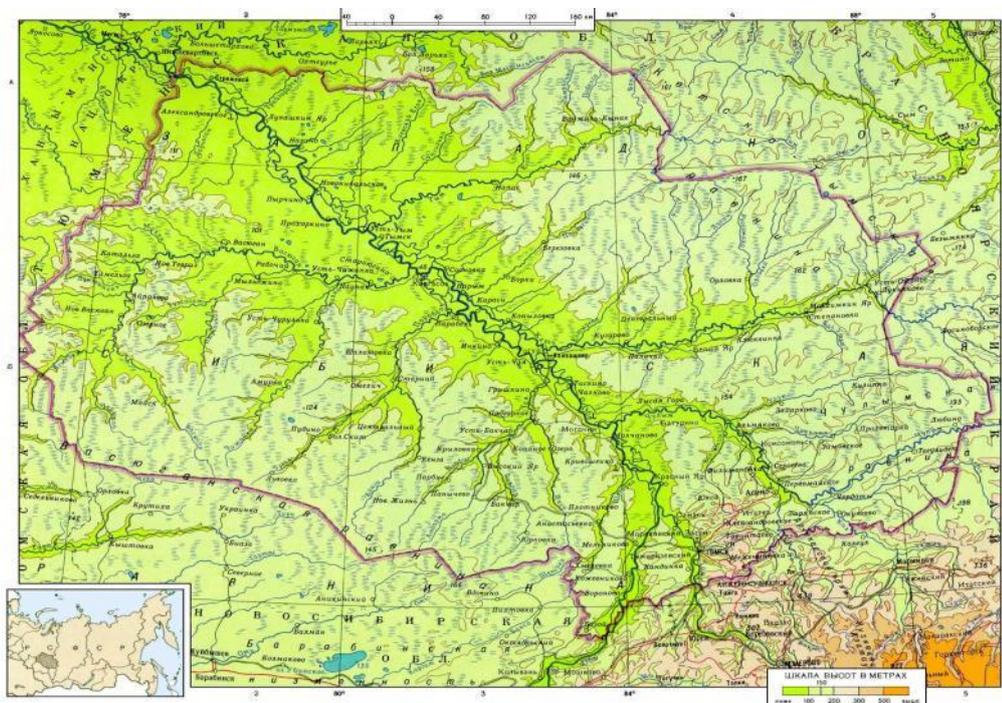


Рисунок 1 - Физическая карта Томской области [21]

Г.Томск и с.Калтай расположены на границе Западно-Сибирской равнины и отрогов Кузнецкого Алатау в южной части Томского района.

Город Томск находится на правом берегу реки Томи, в 50 км от места её впадения в реку Обь [19].

Село Калтай находится в 23 км от Томска к югу, на левом берегу Томи (рисунок 2).

На территории г.Томск пл.Новособорная была выбрана в качестве импактной зоны, так как она находится в непосредственной близости с автомобильной дорогой высокой интенсивности движения (пр.Ленина), также в черте города функционируют различного рода промышленные предприятия.

Село Калтай Томского района было выбрано условно фоновой территорией в связи с отсутствием и удаленностью от прямых источников антропогенного воздействия.

Также, следует уточнить, что с.Калтай ранее уже было исследовано в качестве условно фоновой территории в работах [34].

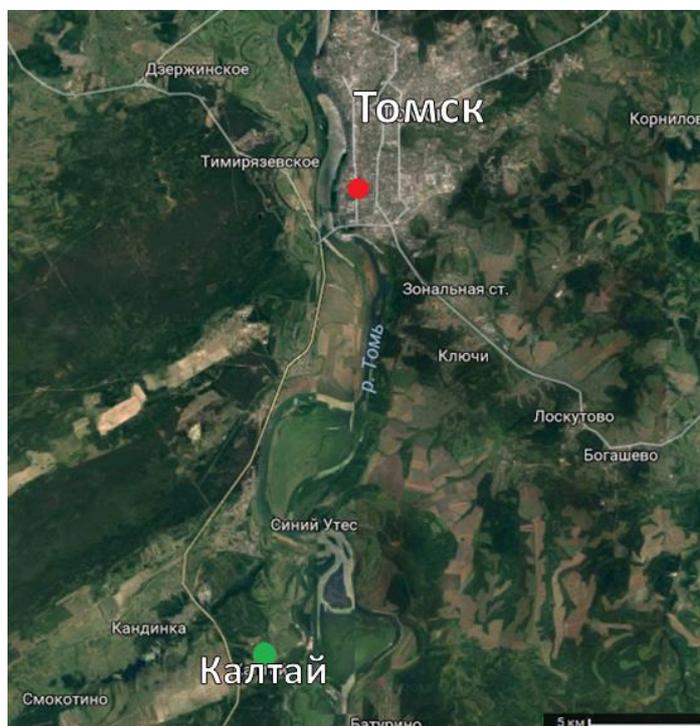


Рисунок 2 - Места отбора листьев древесной растительности на территории Томского района

Климат Томского района – континентальный, определяется географическим положением и характеризуется притоком солнечной радиации со значительной сезонной изменчивостью, частой сменой циклонов и антициклонов [21].

Тёплое лето и холодная зима, а также неравномерное увлажнение, довольно резкое изменение погоды в достаточно короткие периоды времени, которые зависят от сложной циркуляции воздушных масс над Западно-Сибирской низменностью.

Среднегодовая температура составляет 0,9 °С. Зима отличается суровостью и продолжительностью. Средняя температура в январе составляет –17,1 °С, а в июле +18,7 °С [21].

Годовое количество осадков по области в целом до 570 мм – большая их часть приходится на теплый период года и выпадает в жидком виде, остальное – в твердом [21].

Снежный покров холодного периода появляется в октябре и сохраняется до начала мая.

На территории Томского района в результате особенностей циркуляции атмосферы на юго-востоке Западной Сибири наблюдается преобладание юго-западных ветров.

Так, в среднем в г. Томске повторяемость за год южных ветров составляет 27 %, юго-западных – 23 %, юго-восточных – 5 %, северо-восточных – 9 %, северных – 10 % и северо-западных – 6 %. Средняя скорость ветра 1,6 м/с [21].

Наиболее распространенными почвами в Томском районе и с. Калтай являются серые лесные оподзоленные и подзолистые почвы.

Почвы г. Томска и его окрестностей представлены серыми лесными, подзолистыми, дерново-подзолистыми типами [51].

На территории города естественные почвы встречаются редко. Преобладающая часть городской территории в Томске представляет собой застроенные и заасфальтированные участки, в другой части города на оставшихся открытых местах преимущественно развиты антропогенные модификации почв, формирование которых происходило в основном в результате хозяйственного освоения или рекультивации участков земли.

Территория города в природном отношении представлена своеобразным ландшафтом. Левобережная часть Томска представляет собой равнинное пойменное пространство с наличием многочисленных озер и стариц и высокой бровки Тимирязевского плато с сосновыми борами. Для правобережья характерны уступы Алтайской горной системы, высота которой 30–40 м (Воскресенская гора, Лагерный сад и др.) и густая изрезанность территории многочисленными притоками реки [51].

Земли города по категориям распределены следующим образом: 41 % составляют земли жилой и нежилой застройки, 7,9 % - земли общего пользования, 28,8% - земли лесного фонда, 4,1% - земли водного фонда и 18% занимают земли сельскохозяйственного назначения [29].

В геоморфологическом отношении на территории города Томск выделены следующие типы и формы рельефа: денудационно-аккумулятивный рельеф (водораздельная равнина ранне-среднеплейстоценового возраста) и эрозионно-аккумулятивный рельеф (третья, вторая, первая надпойменные террасы и пойма) (рисунок 3) [35].

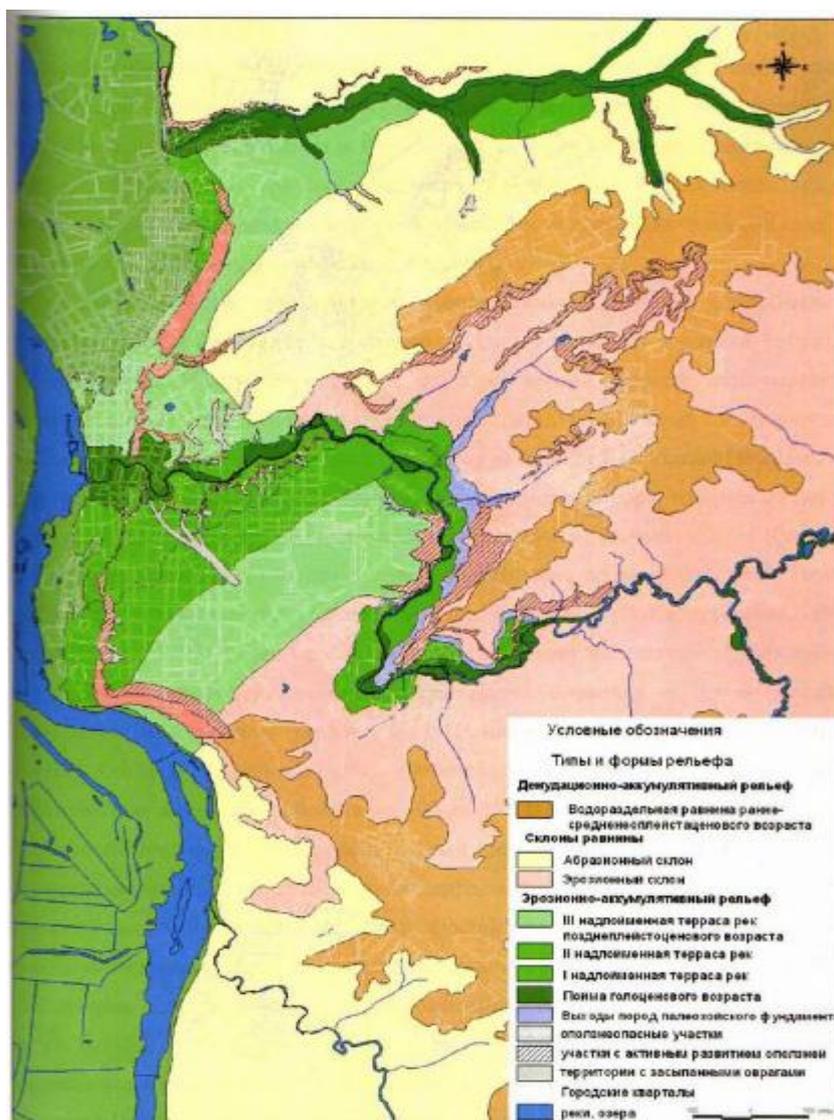


Рисунок 3 - Геоморфологическая карта-схема территории г. Томска [35]

В геологическом строении Томска выделены складчатый фундамент и рыхлый мезозойско-кайнозойский чехол. Фундамент здесь представлен такими образованиями, как породы докембрия и палеозоя - сланцы, песчаники, аргиллиты; встречаются граниты, кварцевые диориты и др. В правобережье осадочный чехол до 4-4,5 км. Сложен он морскими и континентальными отложениями – это глины, песчаники, алевриты, пески и др. С поверхности данная территория перекрыта плащом четвертичных отложений, мощность которых колеблется от первых метров до 10-40 м. Четвертичные отложения представлены суглинками, глинами, песками, супесями, болотными и озерными илами, торфом. Также они, четвертичные отложения, являются почвообразующими породами [19].

Породы преимущественно занимают правобережную долину р. Томи, они расположены в основном на террасах р. Томи и ее притоков.

Томск в тектоническом отношении располагается на сочленении Томь-Колыванской складчатой зоны и Западно-Сибирской плиты (тектонические структуры I порядка, разделенные тектоническими разломами). Городская территория расположена в пределах Томь - Колыванской складчатой зоны, которая разбита тектоническими нарушениями на три блока (Южный, Северный и Западный), входящие в состав Томского выступа данной зоны.

Тектонический разлом I порядка (субмеридианальное направление) копируется р. Томью, нарушения II порядка (субширотное направление) – притоками р. Томь (Ушайка, Малая Киргизка, Басандайка и др.), более мелкого порядка – притоками малых рек. Нарушения II порядка делят правобережную часть на блоки: Южный, Басандайский, Кузовлевский, Северный.

Верхний структурный этаж (Pg-Q) несогласно залегает на сильно дислоцированных отложениях палеозоя, при этом проявления тектонических процессов не сказались на состоянии и условиях залегания.

Геологическая карта Томской области представлена на рисунке 4.

Томская область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [19].

Минерально-сырьевая база твердых полезных ископаемых Томской области представлена горючими, металлическими и неметаллическими полезными ископаемыми.

Утвержденные запасы нефти составляют 633,87 млн т, газа — 333,1 млрд м<sup>3</sup>. По запасам торфа Томская область находится на 2 месте в Российской Федерации — 29,4 млрд т. В недрах области сосредоточено свыше 57 % ресурсов железа России, 18 % циркония, 9 % титана, 6 % алюминия, 5 % бурого угля, 4 % цинка. На юго-востоке области расположены площади, перспективные и для добычи золота и сурьмы [30].

В области находятся также месторождения различных общераспространенных полезных ископаемых - имеются значительные запасы кирпичных глин, песчано-гравийных смесей, силикатных и кварцевых песков, сапропелей.

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ  
ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

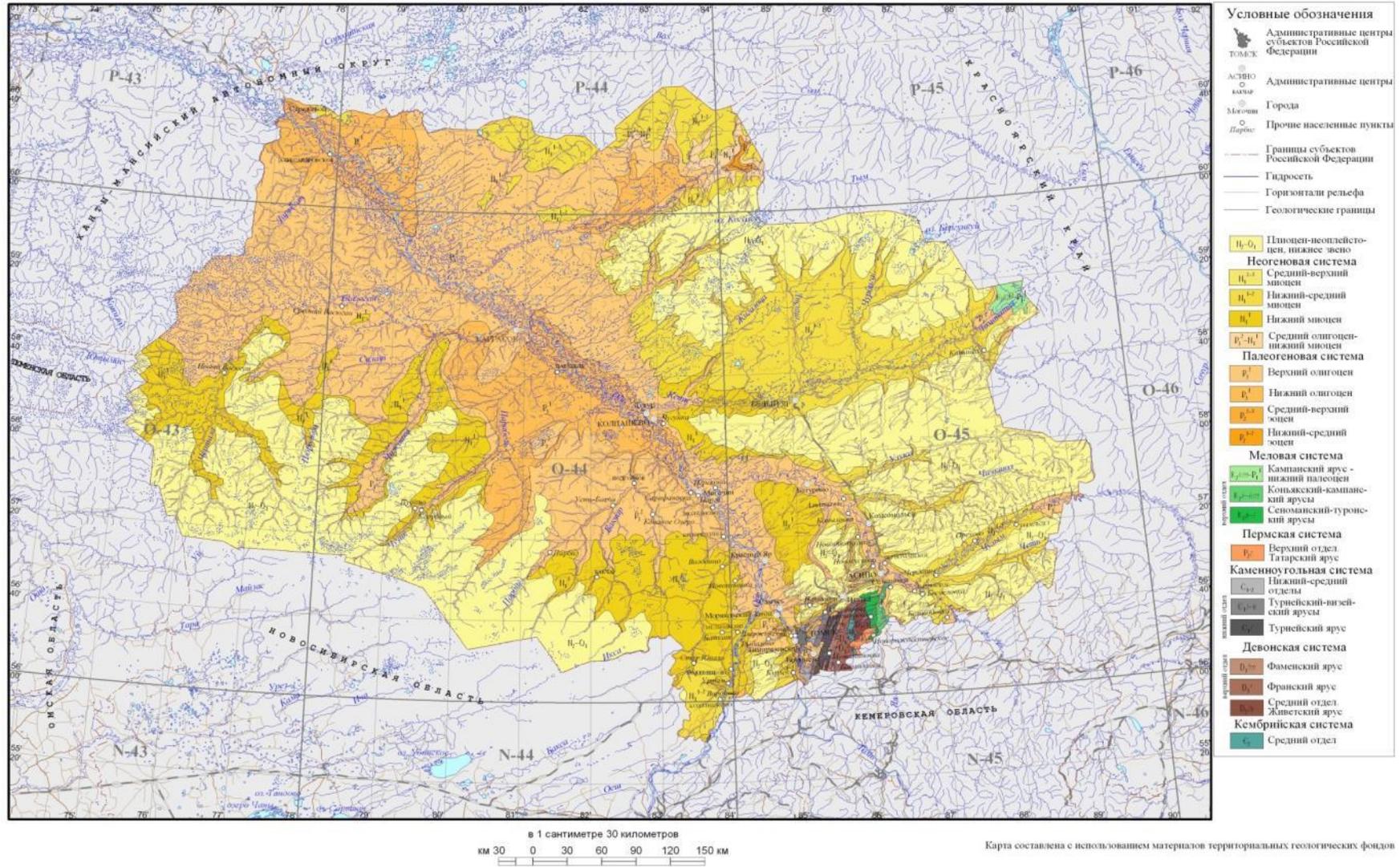


Рисунок 4 - Геологическая карта Томской области [21]

В основном город Томск расположен на правом берегу реки Томи.

По территории города, кроме Томи, протекают такие реки, как Ушайка и её мелкие притоки (речка Ларинка, речка Хромовка и др.), Басандайка, Большая Киргизка, Кисловка.

Зимние осадки, формирующие 55-82% годового стока, являются основными источниками питания рек, на долю подземных вод приходится около 10-40%, а на дождевое — 3-11%. Водный режим рек относится к западно-сибирскому типу, они имеют длительное весенне-летнее половодье (2-3 месяца) [30].

В Томске расположены несколько озёр: Белое, Керепеть, Зырянское, Осаваш и Анжетан, Кочетово, озеро в Горсаду, Игуменское озеро и др.

Село Калтай находится на левом берегу Томи в непосредственной близости к пр.Панькова.

Томский район в гидрогеологическом отношении находится в пределах юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и его складчатого палеозойского обрамления.

Подземные воды здесь приурочены ко всем водонесущим разновидностям отложений. Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются водоносные комплексы палеогеновых и неоген-четвертичных отложений, отличающиеся высокими дебитами и удовлетворительным качеством подземных вод.

Общая сумма запасов подземных вод составляет 863,606 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Также в Томской области находятся многочисленные источники минеральных подземных вод лечебного и лечебно-столового назначения. На данный момент разведано 4 месторождения минеральных вод, суммарные запасы составляют 1,755 тыс. м<sup>3</sup>/сут [29].

## **2.2 Характеристика основных источников антропогенного загрязнения**

Площадь Новособорная, где отбирались листья яблони, тополя, клена и сирени находится на территории Советского района г.Томска.

Советский район занимает территорию к востоку от центра города (рисунок 5.). С севера данный район ограничен Ленинским и Октябрьским районами, а с востока и юго-востока — сельскохозяйственными и лесными угодьями Томского района, с юга и запада — Кировским районом Томска.



Рисунок 5 - Карта-схема Советского района г.Томск

С севера граница по реке Ушайка, с юга граница идет следующим образом: Базарный пер. - Московский тракт – Томский пер. – ул.Герцена – ул.Енисейская – Комсомольский проспект – проспект Кирова – ул.Елизаровых – ул.Шевченко – ж/д.С запада граница по реке Томь, с востока – расстояние в 5 км от р.Ушайка, ж/д, транспортной развязки на Академгородок.

На территории данного района находятся такие промышленные предприятия, как Томская ГРЭС-2 ОАО «Томскэнерго», ОАО «Манотомь», ОАО «Сибэлектромотор», ООО «Завод Эмальпровод», УМП «Спецавтохозяйство», кондитерская фабрика «Красная звезда», завод крупнопанельного строительства ТДСК, а также трамвайное депо [51].

УМП «Спецавтохозяйство» - предприятие, обслуживающее жилые и общественные здания с большим количеством специализированных автомобилей и имеющее производственную базу с гаражами-стоянками, с комплексом ремонтно-механических мастерских для обслуживания техники. Осуществляет сбор и вывоз отходов.

ООО «Завод Эмальпровод». Завод специализирован на выпуск проводов со стекловолокнистой, эмалевой и эмальволокнистой изоляцией. На территории завода находятся эмальобмоточный и энергомеханический цеха, ремонтно-строительный и

транспортно-складской участки. Изготовление проводов начинается с волочильного отделения, где из меди-катанки на станках грубого и тонкого волочения протягиванием через алмазные калибры-волоки получают проволоку заданного диаметра. В окружающую среду с вентиляционными выбросами попадают формальдегид, медь, свинец, оксид железа, соединения марганца, пыль металлическая и абразивная.

Томская ГРЭС-2 (предприятие 2-го класса опасности). Является предприятием топливно-энергетического цикла. Основным видом топлива на ГРЭС-2 является каменный уголь, также на Томской ГРЭС-2 сжигаются сезонные избытки природного газа. Средние содержания элементов в углях Кузнецкого бассейна следующие (г/т): Li – 14,8; Rb – 15,0; Cs – 1,6; Sr – 248; Be – 4,6; Sc – 3,9; Y – 15,4; Ga – 7,0; Ge – 0,9; Zr – 138; Hf – 2,1; La – 12,3; Ce – 24,7; Sm – 2,6; Eu – 0,64; Tb – 0,43; Yb – 1,3; Lu – 0,34; Ta – 0,47; V – 14,7; Nb – 11,0; Ag – 0,05; Au – 0,0075; Sb – 0,26; Th – 3,3; U – 2,4. Зольность угля составляет 13,5 %. В качестве растопочного топлива используется мазут. В настоящее время на промплощадке Томской ГРЭС-2 действует 13 источников вредных выбросов, в том числе 3 неорганизованных. Источниками выбросов являются в основном трубы и котлоагрегаты. Система внешнего золошлакоудаления от котлов ГРЭС гидравлическая, оборотная. Золошлаковая пульпа насосами подается на новый золошлакоотвал, расположенный в 12 км от ГРЭС-2 за пределами северо-восточной границы г. Томска в районе села Михайловка. ГРЭС-2 размещается на трех промплощадках. Станция состоит из пяти основных цехов: цехи топливоподдачи, котельный, турбинный, электрический и химический [51].

ОАО «Сибэлектромотор» выпускает крановые, рольганговые и общепромышленные электрические двигатели. Основными источниками выбросов являются малярные, пропиточные цеха, участки металлообработки, литья алюминия, гальванический участок. В выбросах предприятия содержатся Zn, Cr, Ba, Mn и другие.

ОАО «Манотомь» выпускает манометры и датчики давления для нефтегазового комплекса, авиации, энергетики, железнодорожного транспорта и др. Производственные сточные воды гальванического участка, загрязненные кислотами щелочами, солям и хрома, цинка, никеля, железа и меди перед сбросом в канализацию подвергаются очистке и нейтрализации на станции очистки промышленных стоков (хромсодержащие воды).

Также на территории исследуемого района расположены участки таких крупных улиц, как пр.Ленина, пр.Комсомольского, пр.Фрунзе, ул.Сибирская, ул.Елизаровых, ул.Красноармекая, по которым движется большое количество автомобилей.

Транспортная развязка на Академгородок и железная дорога в восточной части территории также вносят свой вклад в загрязнение природных сред.

### 2.3 Краткий обзор ранее проведенных эколого-геохимических исследований

Исследования почвенного покрова в Советском районе показали, что основными источниками поступления в почву частиц сажи, шлака, угля, ферромагнетита и муллита, которые выявлены почти во всех изученных пробах, являются Томская ГРЭС-2 и котельные, работающие на углях [51].

В таблице 2 представлены средние содержания химических элементов в почвах территории Советского района и города Томска.

Таблица 2 - Средние содержания химических элементов в почвах территории Советского района и г.Томска [51]

Элементы	Содержание в Советском районе	Содержание по г.Томску	Фоновое содержание
Na, %	1,1 ± 0,05	1,1 ± 0,02	0,5
Ca, %	1,5 ± 0,06	1,4 ± 0,04	0,4
Fe, %	3,2 ± 0,07	3,2 ± 0,04	1,3
Br	8,5 ± 0,7	8,8 ± 0,5	1,2
Ba	576 ± 19,8	550 ± 12,3	124
Co	13,1 ± 0,4	14,3 ± 0,3	6,5
Cr	113,2 ± 4,9	103,6 ± 5	43,2
Sb	1,8 ± 0,2	1,6 ± 0,3	0,3
As	< п. о.	0,4 ± 0,16	< п. о.
Au	0,01 ± 0,0001	0,008 ± 0,0001	0,005
Rb	71 ± 3,6	76,7 ± 1,7	17,2
Cs	3,8 ± 0,2	3,6 ± 0,07	1,2
Sr	44,7 ± 22	67,3 ± 12	164
Hf	6,6 ± 0,18	6,6 ± 0,09	3,8
Ta	0,83 ± 0,05	0,85 ± 0,02	0,2
Sc	10,8 ± 0,33	11,3 ± 0,17	8,3
Tb	0,97 ± 0,04	1,0 ± 0,02	0,1
Sm	5,6 ± 0,2	5,7 ± 0,1	3,9
Eu	1,2 ± 0,05	1,3 ± 0,02	1,4
La	24,7 ± 0,8	25,7 ± 0,4	17,3
Ce	59,1 ± 3,1	58,6 ± 0,9	33,4
Yb	2,5 ± 0,1	2,7 ± 0,05	0,9
Lu	0,38 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,16

В таблице 3 представлены коэффициенты концентраций химических элементов в почвах Советского района относительно фона (заказник «Томский»).

Таблица 3 - Значения коэффициентов концентраций химических элементов в почвах Советского района г. Томска и суммарный показатель загрязнения [51]

Коэффициенты концентрации			СПЗ и степень загрязнения
1-3	3-5	5-10	
$Cs_3Yb_{2,8}Cr_{2,6}Fe_{2,4}Lu_{2,4}$ $Na_{2,4}Co_2Th_2Ce_{1,8}Hf_{1,7}Sm_{1,4}La_{1,4}Sc_{1,3}$	$Ba_{4,7}Rb_4Ca_{3,4}$	$Tb_{7,5}Br_7$ $Sb_{5,8}U_{5,4}Ta_{5,2}$	51 - высокая

На рисунке 6 изображена схема пространственного распределения значений суммарного показателя загрязнения почв в городе Томск.

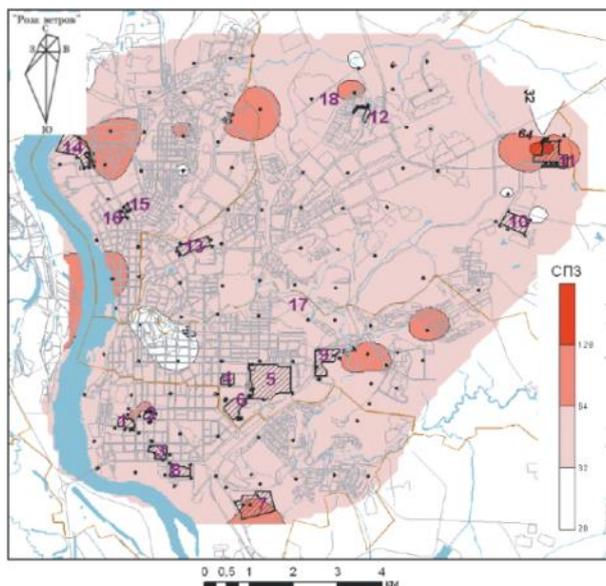


Рисунок 6 - Карта-схема распределения значений СПЗ почв г.Томска [51]

Особенностью почв около ОАО «Манотомь» является повышенное содержание  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$  и  $\text{W}$ , что, скорее всего, связано как с деятельностью самого предприятия, так и трамвайного парка, расположенного в непосредственной близости к заводу. В выбросах завода содержатся  $\text{Al}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}$  и  $\text{Pb}$ .

В почвах вокруг Томской ГРЭС-2 обозначены более высокие по сравнению с другими предприятиями концентрации  $\text{P}$  (2970 мг/кг),  $\text{Zn}$  (238 мг/кг),  $\text{As}$  (20,5 мг/кг),  $\text{Be}$  (2,5 мг/кг) при фоновых значениях 997 мг/кг, 82,5 мг/кг, 13 мг/кг и 1,12 мг/кг соответственно. Зола уноса, получаемая в результате сжигания углей на ГРЭС-2, кроме тяжелых металлов содержит редкие, редкоземельные, а также и радиоактивные элементы. Данные элементы в пределах санитарно-защитной зоны предприятия проявлены слабо, это можно объяснить переносом выбросов от высоких труб (100 м) Томской ГРЭС-2 на большие расстояния.

Около ОАО «Сибэлектромотор» почвы по средним содержаниям элементов в сравнении с другими предприятиями сильно не отличаются. Относительно фоновых концентраций здесь накапливаются преимущественно  $\text{W}$  ( $\text{КК} = 6$ ),  $\text{Pb}$  и  $\text{Mo}$  ( $\text{КК} = 2,8$ ),  $\text{Be}$  ( $\text{КК} = 1,8$ ) и в незначительных количествах  $\text{Cu}$  и  $\text{Zn}$  ( $\text{КК} = 1,3$  и  $1,2$ ) [51].

Около ООО «Завод Эмальпровод» в почвах отмечены повышенные содержания  $\text{As}$  (20,3 мг/кг),  $\text{Rb}$  (92,2 мг/кг),  $\text{Hf}$  (7,5 мг/кг) и высокие –  $\text{Cu}$  (227,3 мг/кг), это можно объяснить спецификой деятельности предприятия, которое изготавливает провода из меди.

Почвы вблизи предприятий содержат различные специфические для своего рода деятельности загрязняющие вещества (таблица 4).

Таблица 4 - Среднее содержание элементов в почвах промышленных предприятий Советского района, мг/кг [51]

	Манотомь	Эмальпровод	Сибэлектромотор	ГРЭС-2
Br	8,8	7,6	8,3	9,2
Au	<п.о.	0,012	0,021	0,018
Редкие элементы				
Rb	40	92,2	46,2	50,6
Cs	3,7	3,1	3,3	3,4
Sr	<п.о.	117,5	<п.о.	68,7
Hf	5	7,5	6	5,5
Ta	0,4	1,4	1	0,81
Sc	8,28	11,5	9,3	8,6
Редкоземельные элементы				
Tb	0,5	1,2	0,86	0,8
Sm	4,5	5,4	4,9	4,8
Eu	0,7	1,5	1,0	0,9
La	24,4	24	23,3	22,6
Ce	40	61,7	52,2	61,7
Yb	2,3	2,9	2,4	2,1
Lu	0,43	0,37	0,36	0,33
Радиоактивные элементы				
U	1,7	1,9	2,8	2,6
Th	4,6	8	6,2	6
Макрокомпоненты, %				
Al	2,9	4,4	5,1	4,7
Fe	2,1	2,8	2,8	3,2
Ca	1,1	1,6	1,4	1,9
Mg	0,52	0,67	0,77	0,74
Элементы I класса опасности				
As	15	20,3	12	20,5
Pb	57	89	23	38
Cd	<п.о.	<п.о.	<п.о.	<п.о.
Zn	119	212	100	238
Элементы II класса опасности				
Co	15	15,8	8	9,5
Cr	190	93,3	140	130
Cu	31	227	26	39
Mo	23	3	9	8,5
Ni	22	28	27	29
Sb	2	,5	4	<п.о.
Элементы III класса опасности				
Ba	600	352	280	370
Mn	410	631	520	860
V	60	77	80	75
W	111	<п.о.	3	6,5

Таким образом, для каждого предприятия выделяется своя ассоциация химических элементов в почве (таблица 5).

Таблица 5 - Ассоциации химических элементов в почвах в районах расположения промышленных предприятий Советского района г. Томска [51]

Территория	Коэффициенты концентрации				СПЗ (степень загрязнения)
	1-3	3-5	5-10	более 10	
Манотомь	Cr <sub>2,3</sub> Be <sub>1,8</sub> Cu <sub>1,5</sub> Ba <sub>1,5</sub> Zn <sub>1,4</sub> As <sub>1,2</sub> Co <sub>1,2</sub>	–	Mo <sub>7,1</sub> Pb <sub>6,9</sub>	W <sub>222</sub>	238 (очень высокая)
ГРЭС-2	P <sub>3</sub> Zn <sub>2,9</sub> Mo <sub>2,6</sub> Be <sub>2,2</sub> Cu <sub>1,9</sub> As <sub>1,6</sub> Cr <sub>1,5</sub>	Pb <sub>4,6</sub>	-	W <sub>13</sub>	25 (средняя)
Сибэлектромотор	Pb <sub>2,8</sub> Mo <sub>2,8</sub> Be <sub>1,8</sub> Cr <sub>1,7</sub> Cu <sub>1,3</sub> Zn <sub>1,2</sub>	-	W <sub>6</sub>	-	12 (низкая)
Эмальпровод	Zn <sub>2,6</sub> As <sub>1,6</sub> Co <sub>1,2</sub> Cr <sub>1,1</sub>	-	-	Cu <sub>11</sub> Pb <sub>10,8</sub>	23 (средняя)

В почвах каждого из предприятий Советского района есть свои характерные элементы (таблица 6).

Таблица 6 - Характерные элементы в почвах районов промышленных предприятий Советского района г. Томска [51]

Предприятие	Характерные элементы
ОАО «Томский манометровый завод»	Cr, W, Mo
Томская ГРЭС-2 ОАО «Томскэнерго»	As, Zn, Be, P
ОАО «Сибэлектромотор»	-
ООО «Завод Эмальпровод»	Cu, As, Pb, Rb, Hf

Было также изучено соотношение природных и техногенных частиц в почвах на территории предприятий Советского района (таблица 7).

Таблица 7 - Соотношение природных и техногенных частиц в почвах на территории предприятий Советского района, % [51]

Предприятие	Техногенная составляющая	Природная составляющая
ООО «Завод Эмальпровод»	38	62
ОАО «Манотомь»	41	59
ОАО «Сибэлектромотор»	45	55
Томская ГРЭС-2	64	36

Постоянные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в г. Томск проводит «Томский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». В ходе наблюдений оценивается содержание в воздухе 13 веществ: пыль, сернистый ангидрид, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, сажа, хлористый водород, аммиак, формальдегид, метанол и бенз(а)пирен [29].

Индекс загрязнения в г. Томск свидетельствует о повышенном загрязнении атмосферы [29].

Снегогеохимические исследования выявили, что на территории Томска величина пылевой нагрузки соответствует низкой степени загрязнения [47].

В среднем величина пылевой нагрузки на территорию Советского района составляет 63 мг/(м<sup>2</sup>\*сут) (низкая степень загрязнения), как и для Томска в целом. Суммарный показатель нагрузки в Советском районе 826, суммарный показатель загрязнения по данным снегогеохимического опробования района равен 73 – средняя степень загрязнения [51].

Повышенные значения пылевой нагрузки приходятся на зону воздействий предприятий [47].

Среднее содержание химических элементов в пробах твёрдого осадка снега территории Советского района, мг/кг представлены в таблице 8 (коэффициент концентрации представлен в расчете для средних содержаний).

Таблица 8 - Среднее содержание химических элементов в пробах твёрдого осадка снега территории Советского района, мг/кг [51]

Элемент	Содержание	Коэффициент концентрации
Ca,%	1,2 ± 0,1	1,5
Na,%	0,7 ± 0,1	4,5
Fe,%	2,5 ± 0,2	1,3
Co	10,9 ± 1	1,1
Cr	86 ± 6,7	0,8
Sc	6,9 ± 0,5	1,0
As	1,5 ± 0,5	3,1
Sb	6,8 ± 0,9	3
Ag	1,3 ± 0,3	5,3
Au	0,1 ± 0,01	0,2
Ba	833 ± 98	8,3
Sr	181 ± 57	1,8
Rb	42 ± 2,6	0,8
Cs	2,8 ± 0,3	0,8
Br	7,3 ± 1,2	2,5
U	2,1 ± 0,3	10,6
Th	5,4 ± 0,5	1,9

Результаты многолетнего изучения проб твердого осадка снега позволили определить список приоритетных элементов-загрязнителей снегового покрова в окрестностях ГРЭС-2 - As, Al, Zn, U, La, Tb, Yb, Ce, Ba, Ta, Sm, W, Bi [47].

В исследовании вещественного состава твердого осадка снега в пробах, отобранных на территории г.Томска отмечается в основном преобладание (73%) техногенных частиц: муллит, ферромагнетит, сажа, шлак и др [46].

Вещественный состав твёрдого осадка снега территории Советского на 55% состоит из техногенных частиц – частицы сажи, угля, золы, шлака, кирпичная крошка и др [51].

В исследовании [45] было установлено, что в пробах твердого осадка снега из зоны воздействия ГРЭС-2 содержатся кварц, альбит, калиевые полевые шпаты, доломит, кальцит, слюды, оксиды железа (гематит, магнетит, ферромагнетит) и муллит. В примесях микросферул муллита содержатся Na, K, Mg, Fe, Ti, Ca. Кроме того, в пробах были обнаружены частицы барита, пирита, халькопирита, конгломераты алюмосиликатов с оксидами вольфрама, титана и железа.

Для изучения накопления химических элементов в живом веществе в одном из исследований была использована зола листьев тополя черного (таблица 9) [43].

Таблица 9 - Содержание химических элементов в золе листьев тополя черного (*Populus nigra* L.) [43]

Элемент	Содержание, мг/кг
1	2
Na (%)	0,085 ±0,02
Ca (%)	11,84±1,1
Sc	0,71±0,1
Cr	7,8±3
Fe (%)	0,25±0,04
Co	4,8±0,9
Zn	-
Br	26,3±7,5
Rb	20±3,7
Ag	0,6±0,1
Sb	0,51 ±0,08
La	4,3±0,9
Ce	7,63±1,9
Sm	0,66±0,1
Yb	0,8±0,
Lu	0,05±0,01
Th	0,57±0,08
U	<0,2
Hf	0,47±0,08
Au	0,13±0,03
Ba	142±29
Sr	361±109
Cs	0,39±0,07
Tb	0,11±0,03

## Окончание таблицы 9

1	2
Ta	0,06±0,007
Eu	0,21 ±0,04
Nd	-
As	<1

В таблице 10 представлена биогеохимическая специфика территории города по каждому из районов.

Таблица 10 - Биогеохимическая специфика территории г.Томск [43]

Показатель	Районы г. Томска и их биогеохимическая специфика (по золе листьев тополя черного ( <i>Populus nigra</i> L.))			
	Кировский	Советский	Октябрьский	Ленинский
Коэффициент концентрации относительно среднего содержания элементов в золе	Yb <sub>4</sub> Cr <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> Ce <sub>1,8</sub> Hf <sub>1,3</sub> Fe <sub>1,2</sub> Sc <sub>1,2</sub> Ta <sub>1,2</sub> Rb <sub>1,1</sub> Cs <sub>1,1</sub> Lu <sub>1</sub>	Sr <sub>1,4</sub> Ba <sub>1,3</sub> Ag <sub>1,3</sub> Au <sub>1,3</sub> Tb <sub>1,3</sub> Sm <sub>1,2</sub> Na <sub>1,1</sub> La <sub>1,1</sub> Lu <sub>1,1</sub> Eu <sub>1,1</sub> Th <sub>1</sub>	Br <sub>2</sub> Na <sub>1,7</sub> Co <sub>1,6</sub> Cs <sub>1,5</sub> Rb <sub>1,5</sub> Ca <sub>1,4</sub> Sb <sub>1,2</sub> La <sub>1,1</sub> Sm <sub>1,1</sub> Tb <sub>1,1</sub> Ba <sub>1</sub>	Ta <sub>1,3</sub> Hf <sub>1,3</sub> Co <sub>1,2</sub> Fe <sub>1,1</sub> Sb <sub>1,1</sub> Au <sub>1,1</sub> Th <sub>1,1</sub> Lu <sub>1,1</sub> Eu <sub>1,1</sub> Ce <sub>1</sub> Cr <sub>1</sub>
Коэффициент биологического поглощения элементов	Sr <sub>11</sub> Au <sub>10</sub> Ca <sub>7,5</sub> Br <sub>2,8</sub> Yb <sub>1,1</sub>	Au <sub>22</sub> Ca <sub>7,7</sub> Sr <sub>7,3</sub> Br <sub>2,5</sub>	Ca <sub>12</sub> Au <sub>10</sub> Br <sub>6</sub>	Au <sub>19</sub> Ca <sub>8</sub> Br <sub>1,3</sub>
Коэффициент накопления элементов в золе листьев относительно пылеаэрозольных выпадений	Ca <sub>9</sub> Sr <sub>4</sub> Br <sub>2</sub> Yb <sub>1,6</sub>	Ca <sub>9</sub> Sr <sub>3</sub> Br <sub>1,8</sub> Au <sub>1,7</sub>	Ca <sub>1,4</sub> Br <sub>1,3</sub>	Ca <sub>9,2</sub> Au <sub>1,5</sub>

В золе листьев широкий спектр элементов, включающих железо, хром, скандий, гафний и др. - результат деятельности комплекса металлообрабатывающих предприятий – Томского электромеханического завода, Томского инструментального завода и др.

Значительные количества стронция, бария, золота, серебра, большого количества редкоземельных элементов характерны для листьев тополей района расположения ГРЭС-2 и золоотвала в Советском районе [43].

Таким образом, выбросы предприятий оказывают существенное воздействие на окружающую среду, в том числе и на приземный воздух.

Исследование поверхности листьев городских насаждений методом электронной микроскопии позволит выявить степень загрязнения воздуха пылевыми выпадениями, а также их минералогический состав.

### 3 МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ И МЕТОД АНАЛИЗА ЛИСТЬЕВ

#### 3.1 Методика пробоотбора и пробоподготовки листьев

Для данного исследования на территории пл.Новособорной г.Томск были выбраны деревья яблони, клена, тополя и сирени в связи с их количественным преобладанием (рисунок 7). Также, по этой же причине в с.Калтай были отобраны только листья яблони.

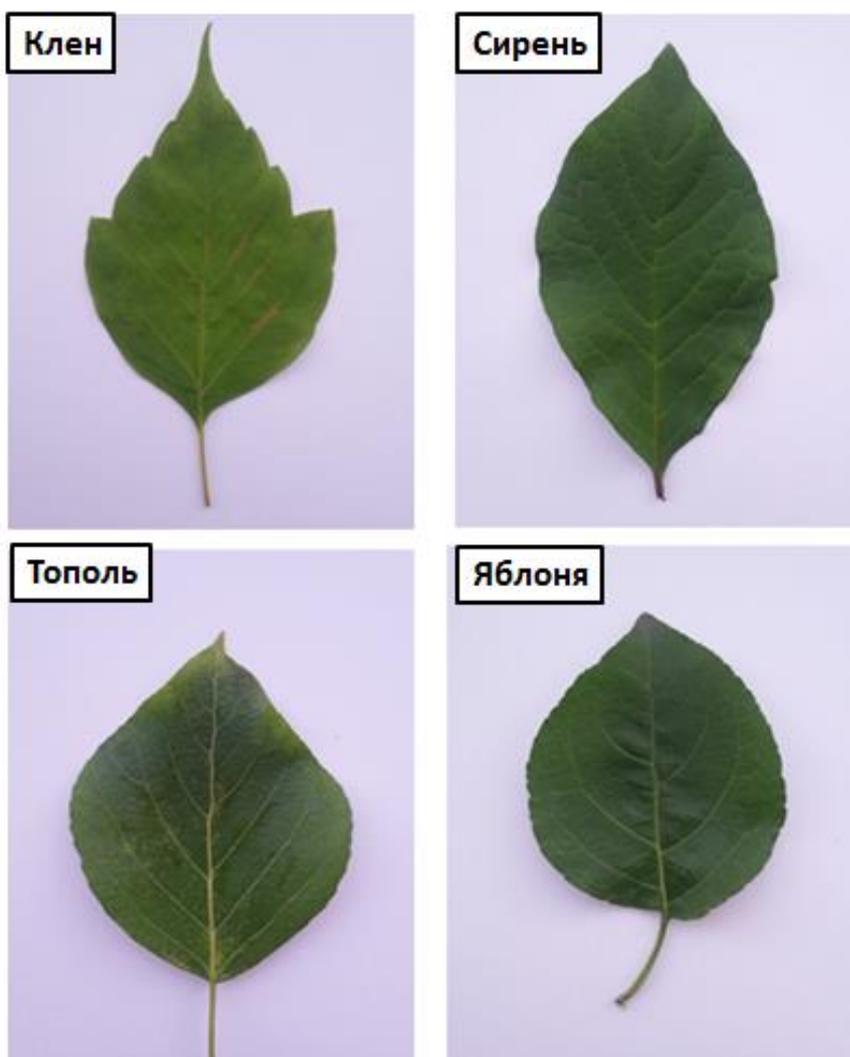


Рисунок 7 – Листья исследуемых видов деревьев

Листья отбирались в конце августа на расстоянии вытянутой руки, каждый лист отдельно упаковывался в кальку с указанием места и времени отбора, а также вида дерева.

Пробоподготовка начиналась с высушивания листьев под прессом.

Участки для изучения на всех листьях, отобранных в селе Калтай и городе Томск были выбраны одинаковые – на расстоянии 1-2 см вверх от основания черешка по правую сторону от центральной жилки (рисунок 8). Они вырезались скальпелем, размеры участка примерно 0,6 на 0,8 см.

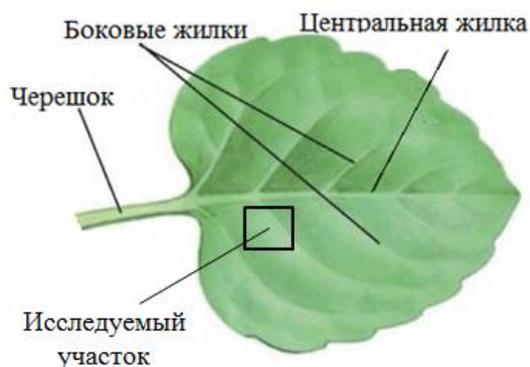


Рисунок 8 – Положение участка исследования на листовой поверхности

Вся пробоподготовка сводилась к нанесению объекта на углеродный электропроводящий скотч, который в свою очередь прикрепляется к предметному столику. После этого образцы участков листьев на столике помещаются в камеру микроскопа для дальнейшего исследования.

Листья таких деревьев, как яблоня, сирень, клен исследовались только с адаксиальной стороны, листья тополя – с адаксиальной и абаксиальной сторон (рисунок 9).



Рисунок 9 – Адаксиальная и абаксиальная стороны листа

### 3.2 Метод электронной микроскопии с приставкой для микроанализа

Электронная микроскопия - совокупность методов исследования с помощью электронных микроскопов микроструктуры тел (вплоть до атомно-молекулярного уровня), их локального состава и локализованных на поверхностях или в микрообъемах тел электрических и магнитных полей (микрочастиц) [18].

Объектами исследований в электронной микроскопии являются в основном твёрдые тела. Также есть возможность изучать микрокристаллы, порошки, частицы аэрозолей и др., нанося их на подложку. Специальные газовые микрокамеры позволяют изучать жидкие и газообразные объекты, неустойчивые к воздействию высокого вакуума.

Растровая сканирующая микроскопия относится к микроскопии, в основе которой лежит телевизионный принцип развертки тонкого пучка электронов по поверхности образца. Путем взаимодействия электронов с образцом генерируются различные сигналы. Здесь сигналами для получения изображения служат вторичные, отраженные и

поглощённые электроны. Такие эффекты, как рентгеновское излучение, используется для получения дополнительной информации о химическом составе материала исследуемого образца (РСМА – рентгеноспектральный микроанализ) [18].

Метод РСМА предназначен для определения элементного (химического) состава исследуемого объекта. Метод позволяет проводить качественный и количественный анализ. Задачей качественного анализа является определение всех химических элементов, входящих в состав исследуемого объекта. Качественный анализ применяется, когда о составе объекта ничего неизвестно, и необходим для последующего количественного анализа. Количественный анализ определяет, в каких количественных соотношениях находятся элементы, образующие исследуемое вещество. То есть результатом количественного анализа может быть химическая формула вещества или доли (проценты) каждого химического элемента.

При РСМА анализируется состав микрообъёма, в котором происходит возбуждение рентгеновского излучения (область генерации) электронным пучком (зондом). Размеры этого микрообъёма определяются диаметром электронного пучка и свойствами исследуемого вещества. Таким образом, РСМА позволяет исследовать состав образца с микронным разрешением.

Основой электронно-зондового устройства является колонна, в которой формируется электронный пучок. Вылетающий из источника (электронной пушки) поток электронов фокусируется электромагнитными линзами до требуемого диаметра и попадает на образец. Для формирования раstra используются отклоняющие катушки или конденсаторы. Внутренне пространство установки откачано до высокого вакуума. Это необходимо для беспрепятственного движения электронов. Первичная откачка производится при помощи роторных форвакуумных насосов, откачка до высокого вакуума – диффузионным паромасляным насосом, либо турбомолекулярным. Сигналы с образца собираются многочисленными детекторами, такими как: детектор вторичных электронов, детектор отражённых электронов, рентгеновский спектрометр (один или несколько) и т.д [45].

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) — прибор класса электронный микроскоп, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким (несколько нанометров) пространственным разрешением, также информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв. Его работа основана на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым веществом [32].

Исследования листьев проводились в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ кафедры ГЭГХ на сканирующем электронном

микроскопе Hitachi S3400n с приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010 (рисунок 10).



Рисунок 10 - Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S3400N с приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010

Микроскоп предназначен для микроструктурных исследований, количественного элементного анализа металлических, керамических, полупроводниковых, полимерных материалов [33].

Разрешающая способность при пользовании детектором вторичных электронов: 3,0 нм (ускоряющее напряжение 30 кВ, при работе с высокой степенью разрежения); 10 нм (ускоряющее напряжение 3 кВ, при работе с высокой степенью разрежения).

Разрешающая способность при пользовании детектором обратно рассеянных электронов: 4,0 нм (ускоряющее напряжение 30 кВ, при работе с низкой степенью разрежения).

Степень увеличения у данного микроскопа от 5 до 300 000 крат [32].

Энергодисперсионная приставка Bruker XFlash 4010 имеет энергетическое разрешение 125 эВ при более чем 100 000 отсчетов в секунду, что делает его самым доступным детектором рентгеновской спектроскопии и микроанализа. XFlash 4010 также позволяет проводить спектроскопию в реальном времени для мгновенного предварительного просмотра элементов и обеспечивает точный анализ элемента света [16].

Благодаря охлаждаемому элементу, установка не требует жидкого азота для охлаждения и готова к использованию сразу после включения. И поскольку у него нет движущихся частей, то также и не требует внешнего охлаждения. Работает без вибраций, избегая любых искажений при съемке изображений на электронном микроскопе. Диапазон обнаружения охватывает элементы от бериллия до америция.

#### 4 ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЫЛЕВЫХ ВЫПАДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ

На импактной территории (пл.Новособорная, г.Томск) исследовались листья таких растений, как яблоня, сирень, клен - адаксиальная сторона, тополь – адаксиальная и абаксиальная стороны. На условно фоновой территории (с.Калтай, Томский район) исследовалась только поверхность листа яблони как самый распространенный вид насаждений.

Первым этапом исследования стало изучение общего уровня запыленности листовой пластины. Для это были сделаны панорамные снимки листа каждого вида рассматриваемых деревьев при увеличении от 150х до 210х (рисунок 11).

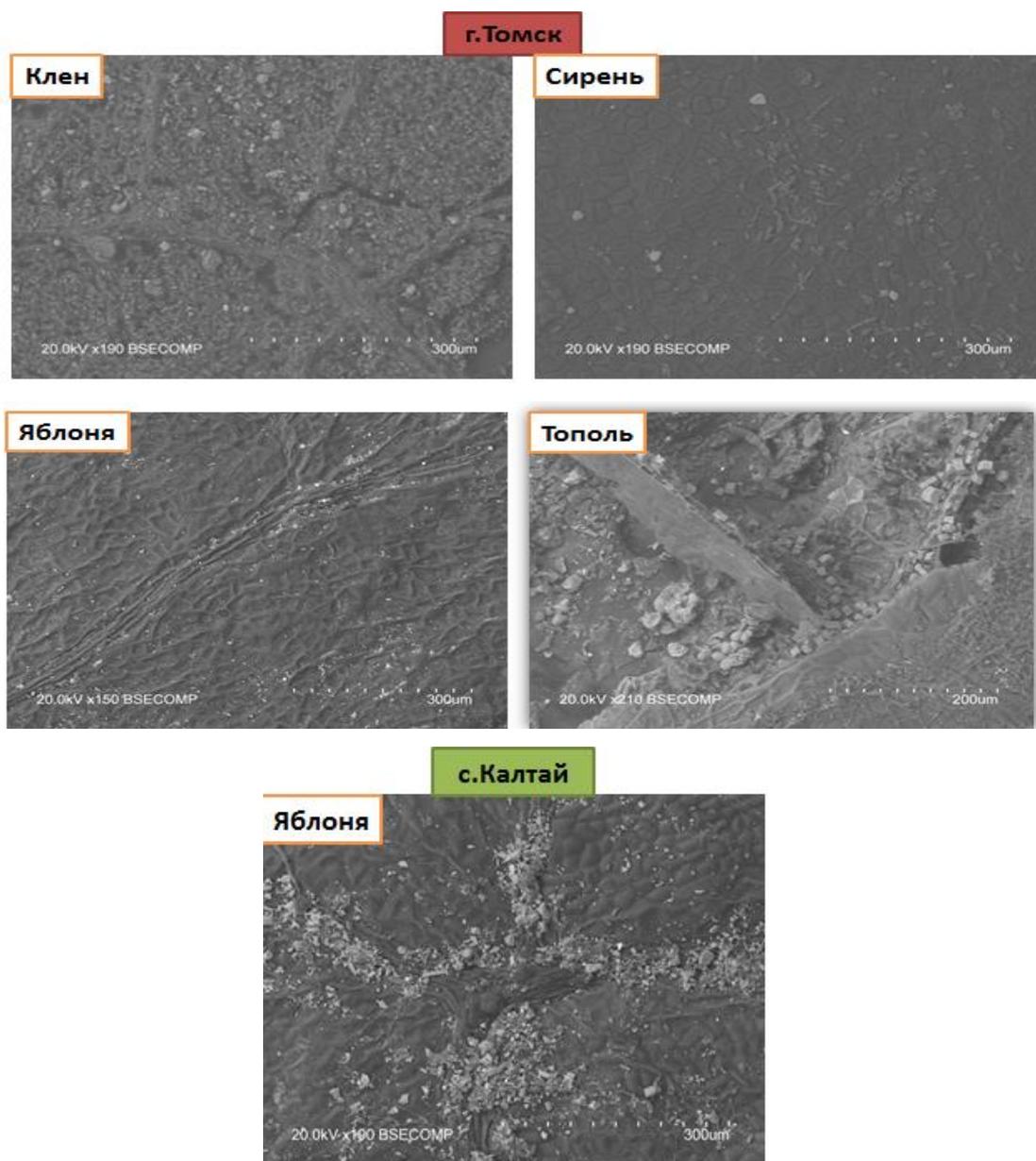


Рисунок 11 - Панорамные снимки адаксиальной поверхности листьев клена, сирени, тополя и яблони в г.Томск и с.Калтай

Наиболее загрязненную поверхность листа в г.Томск имеет клен, поверхность его покрыта большим количеством частиц по сравнению с поверхностью листа тополя и яблони. Наименьшая загрязненность поверхности была выявлена на листе сирени, на ней же не было обнаружено специфичных частиц, поэтому далее не приведены снимки частиц с поверхности листа сирени.

Запыленность листа в Калтае больше, чем в Томске, предположительно это связано с незаасфальтированностью дорог и преобладанием сельского хозяйства, в результате чего происходил перенос частиц с земли ветром.

Вторым этапом стало исследование формы и состава отдельных частиц. Во всех исследованных пробах встречается значительное количество частиц, в состав которых входит Fe.

На рисунке 12 представлено картирование Fe, при увеличении 450х на участке листа яблони, отобранного в Томске.

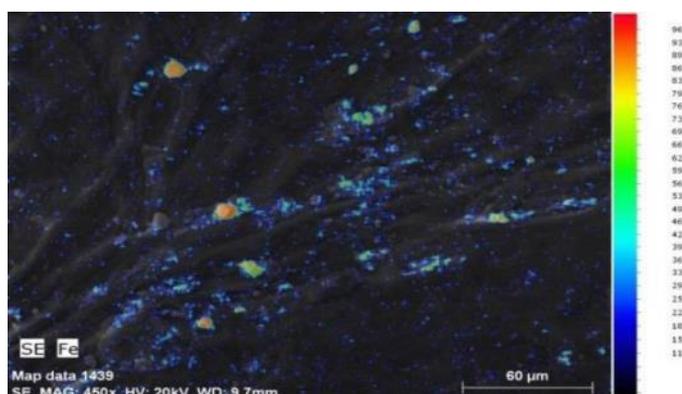


Рисунок 12 - Картирование распределения Fe на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск

Встречаются частицы с содержанием Fe с различной морфологией и примесями. На поверхности листа яблони в г.Томск была обнаружена частица железа (84%) с примесью никеля (10%) – вытянутая, закругленная, с неровными краями и растрещиной по центру («стружка») (рисунок 13).

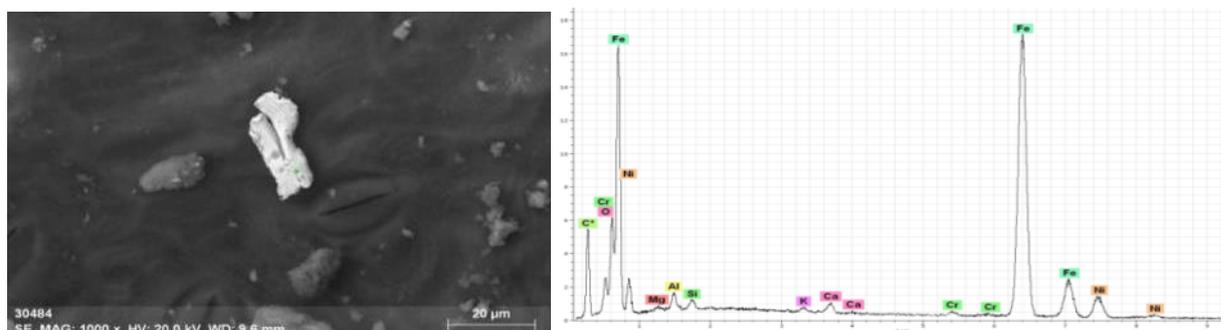


Рисунок 13 – «Стружка» железа на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

На условно фоновой территории с.Калтай были также обнаружены частицы, с содержанием железа (рисунок 14).

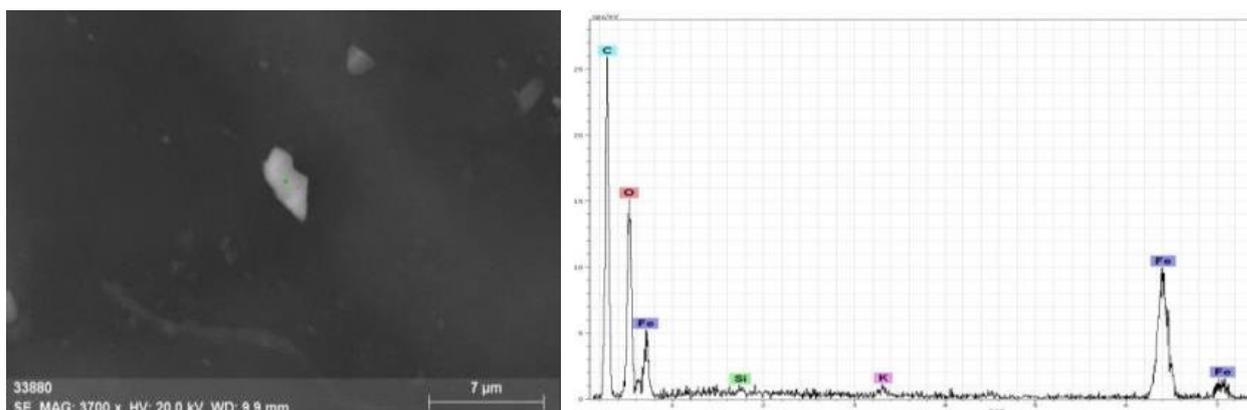


Рисунок 14 - Частица оксида железа на поверхности листа яблони, отобранного в с.Калтай, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Предположительными источниками железа являются износ покрышек, также трение различных металлических деталей (на производствах, в городском саде и др). Кроме того, обогащенные различными формами железа выбросы типичны для предприятий органической и аналитической химии, фармацевтики [48].

В пробах листьев яблони и тополя (на абаксиальной стороне) в Томске встречаются частицы ильменита(?) (рисунок 15, таблица 11 и рисунок 16).

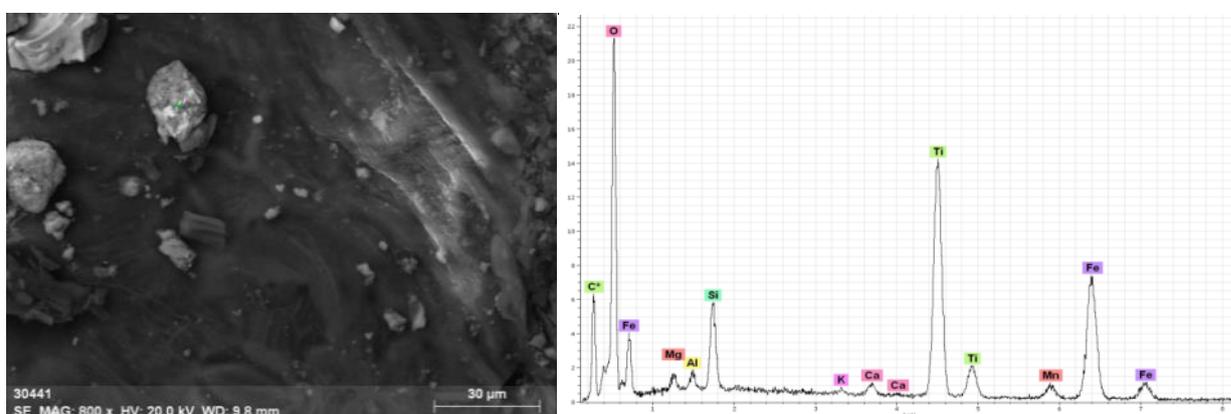


Рисунок 15 - Частица ильменита(?) на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 11 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
1	2
C	0
O	49,03071
Mg	0,470571
Al	0,406486
Si	2,188759

Окончание таблицы 11

1	2
K	0,203585
Ca	0,585488
Ti	22,04404
Mn	1,874862
Fe	23,1955
	100

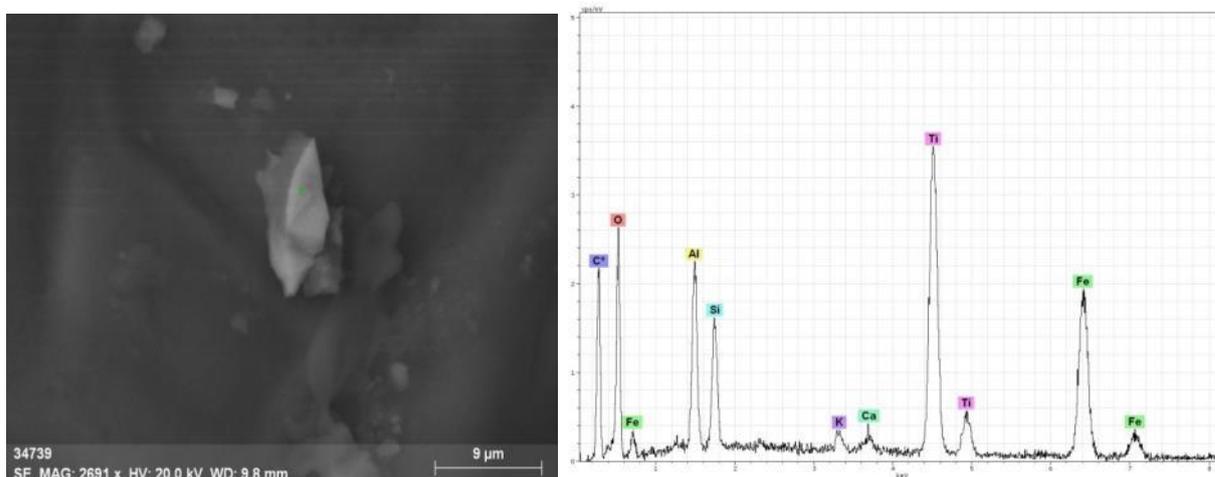


Рисунок 16 - Частица ильменита(?) (Ti – 28%, Fe – 26%) на абаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Также на поверхности листа тополя (адаксиальная поверхность) была обнаружена частица титаномагнетита(?) (рисунок 17, таблица 12).

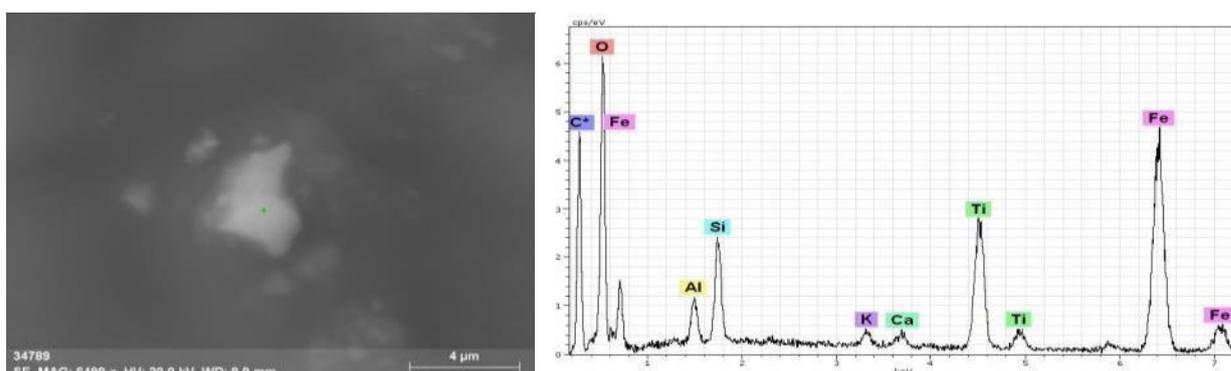


Рисунок 17 - Частица титаномагнетита(?) на адаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 12 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
1	2
C	0
O	36,31524
Al	1,681975

Окончание таблицы 12

1	2
Si	3,386673
K	0,822194
Ca	1,082231
Ti	13,46101
Fe	43,25067
	100

Возможными источниками Ti являются предприятия, использующие в качестве топлива уголь, мазут. Ti используется на производствах: лакокрасочные, эмалевые, химические, резинотехнические, фармацевтические [48]. Следует также учитывать, что в Томском районе есть Туганское месторождение циркон-ильменитовых песков (рисунок 4).

Как источник Туганское месторождение может быть и для частицы с содержанием Zr и Si – возможно циркон (рисунок 18, таблица 13).

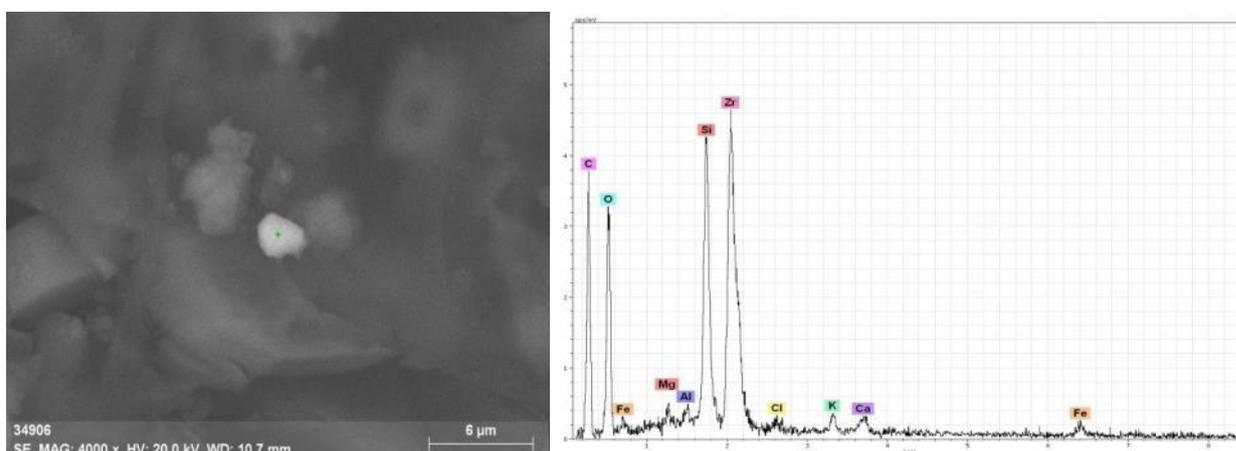


Рисунок 18 - Частица циркона(?) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 13 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	38,36632
O	30,68486
Mn	0,250845
Al	0,247915
Si	5,602664
Cl	0,472335
K	0,657133
Ca	0,871882
Fe	1,378183
Zr	21,46786
	100

Также источником циркония могут быть пылевые и дымовые выбросы топливно-энергетических предприятий, работающих на угле, а также угольная пыль [48].

Встречаются в г.Томск также и такие частицы, как пирит(?) – поверхность листьев клена и тополя (абаксиальная сторона) (рисунки 19-20); и пирротин(?) – поверхность листьев яблони, клена (рисунки 21-22, таблица 14).

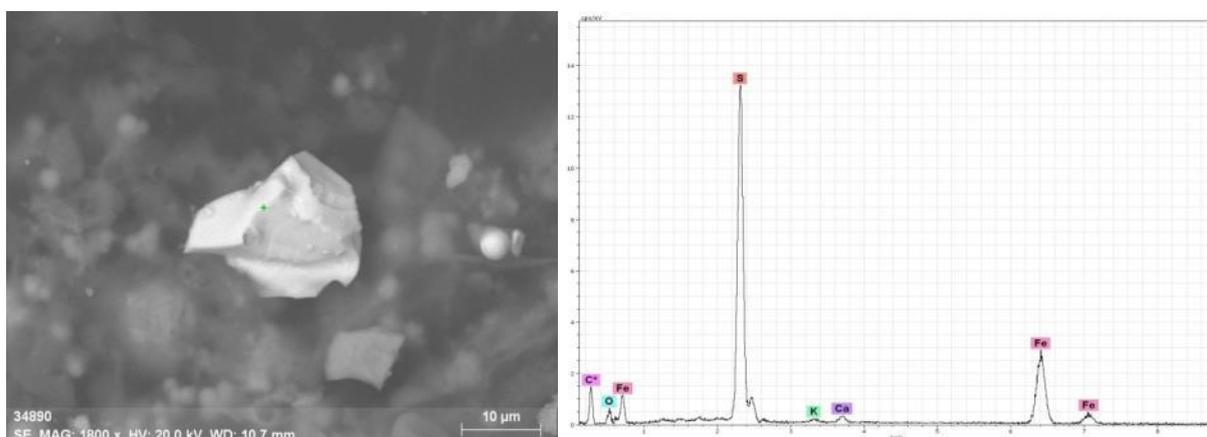


Рисунок 19 - Частица пирита(?) (Fe – 48%, S – 43%) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

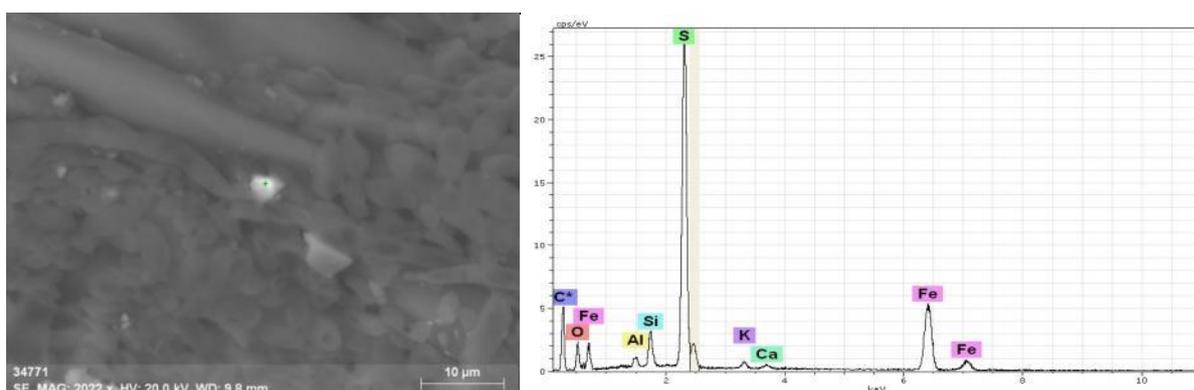


Рисунок 20 - Частица пирита(?) (Fe – 41%, S – 41%) на абаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

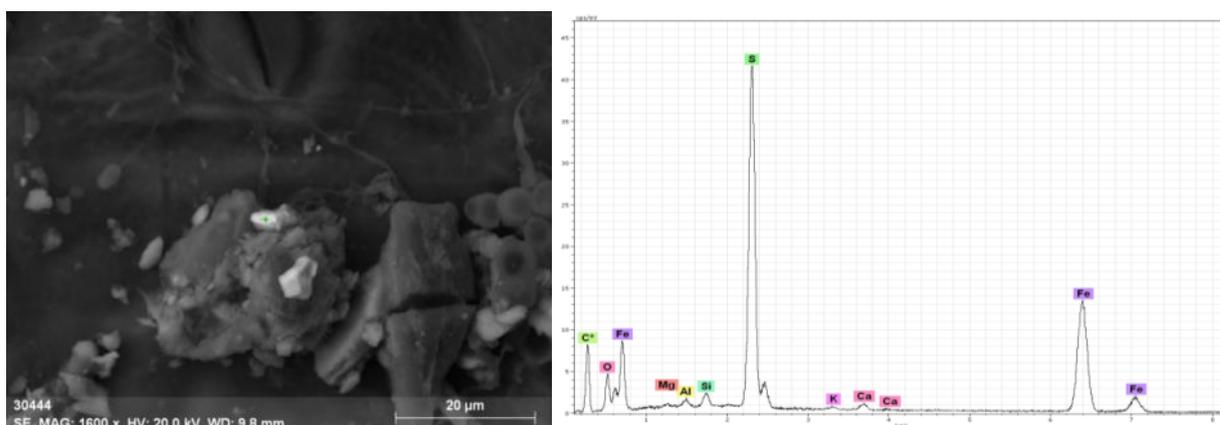


Рисунок 21 - Частица пирротина(?) (Fe – 57%, S – 30%) на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

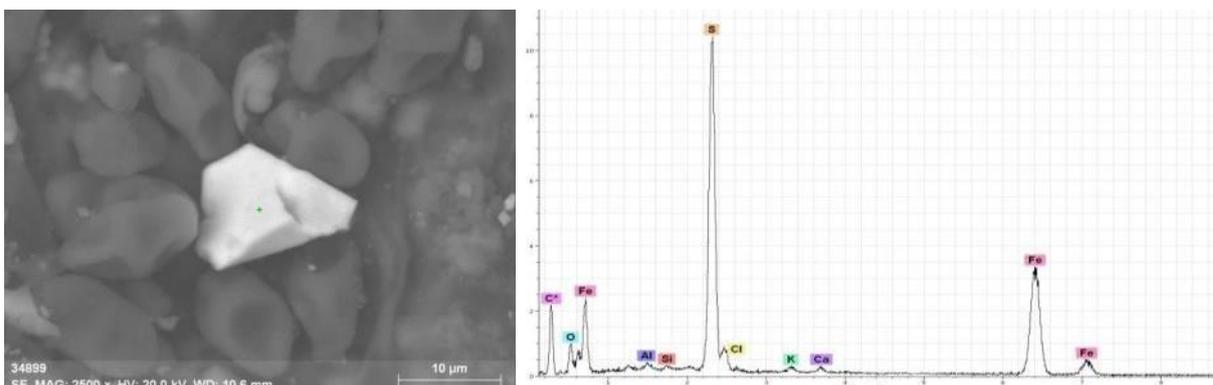


Рисунок 22 - Частица пирротина (?) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 14 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	0
O	9,146899
Al	0,419151
Si	0,108178
S	31,61721
Cl	0,352815
K	0,710757
Ca	0,840676
Fe	56,80431
	100

На поверхности листа клена был также обнаружен халькопирит(?) (рисунок 23).

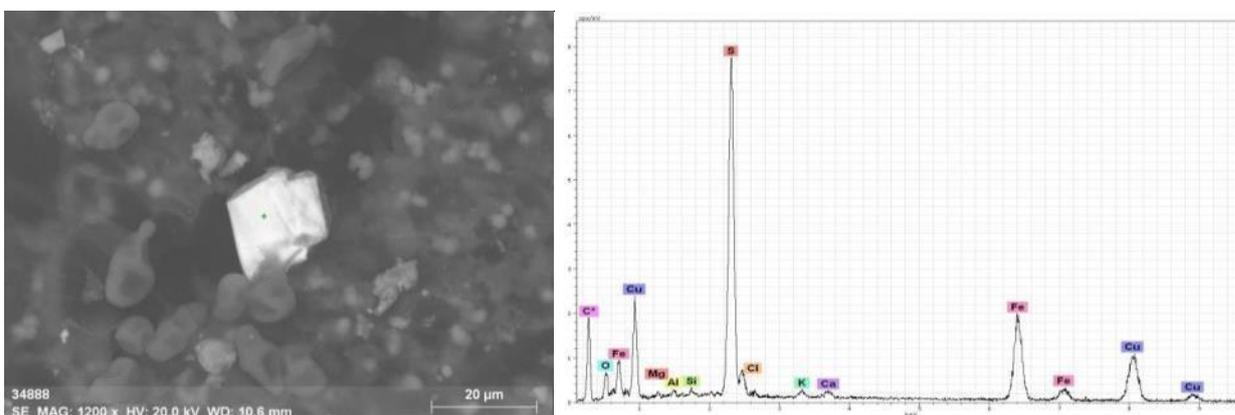


Рисунок 23 - Частица халькопирита(?) (Fe – 31%, S – 28%, Cu – 30%) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Основным загрязнителем окружающей среды соединениями серы является сжигание минеральных топлив. Твердое топливо (уголь) может содержать серу и в формах пирита ( $\text{FeS}_2$ ). Также следует выделить как источники крекинга углеводородов, автотранспорт и химическую промышленность [49].

Также сера наблюдается и в таком минеральном образовании как барит, который был встречен на поверхности листьев тополя (адаксиальная сторона) и клена в г.Томск (рисунок 24, таблица 15 и рисунок 25).

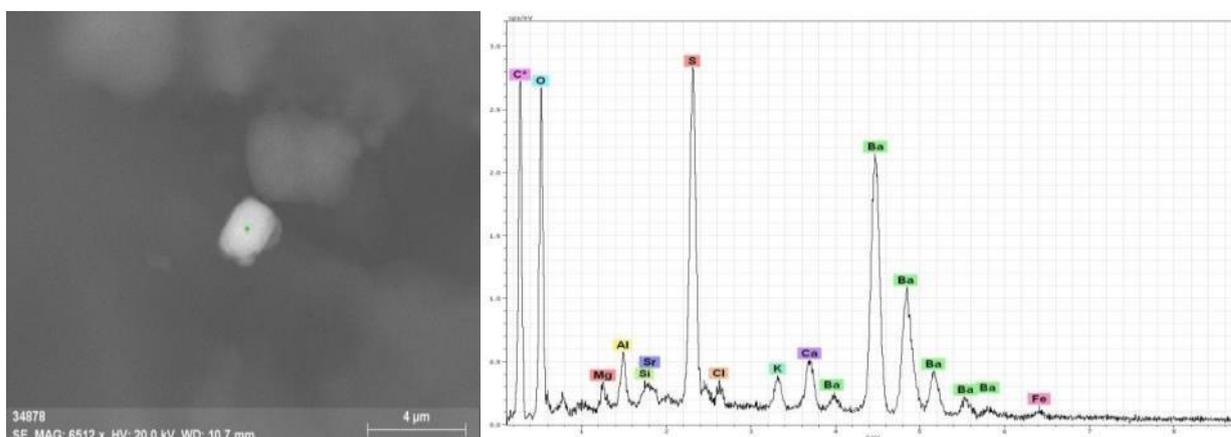


Рисунок 24 - Частица барита(?) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 15 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	0
O	24,8446
Mg	1,61848
Al	2,644651
Si	0,551629
S	13,0837
Cl	0,76187
K	1,438179
Ca	2,851513
Fe	1,30868
Sr	2,073728
Ba	48,82297
	100

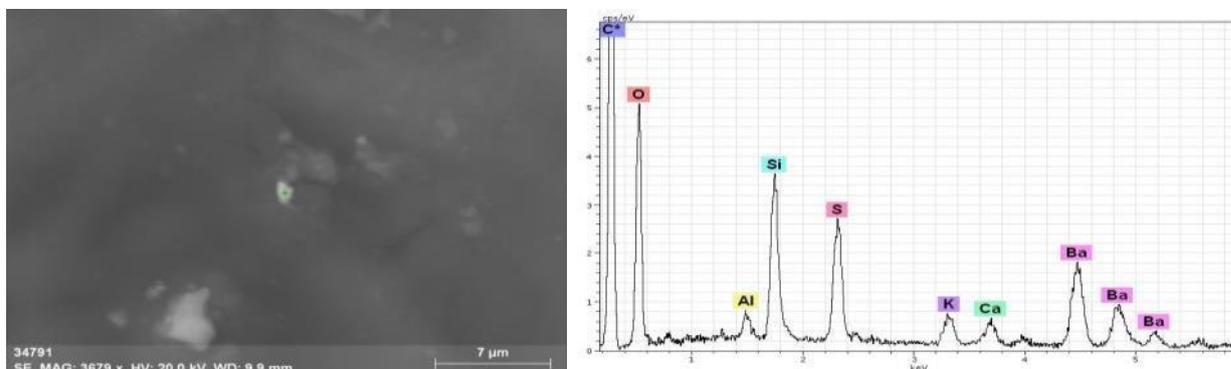


Рисунок 25 - Частица барита(?) (Ba – 34%, S – 9%, O – 39%) на адаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Барий содержится в выбросах химических, резинотехнических, фармацевтических производствах, что может являться возможным его источником в данном случае [50]. Также непосредственно барит встречается в пыли от резиновых заводов.

Медь в металлической форме была обнаружена на поверхности листа клена в г.Томск (рисунок 26).

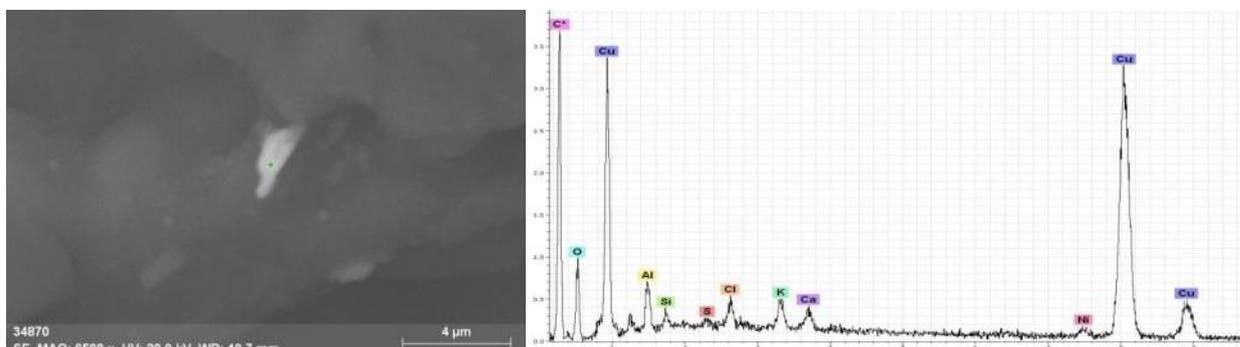


Рисунок 26 - Частица металлической меди(?) (Cu – 78%) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

На рисунке 27 представлена частица с содержанием меди и цинка (таблица 16).

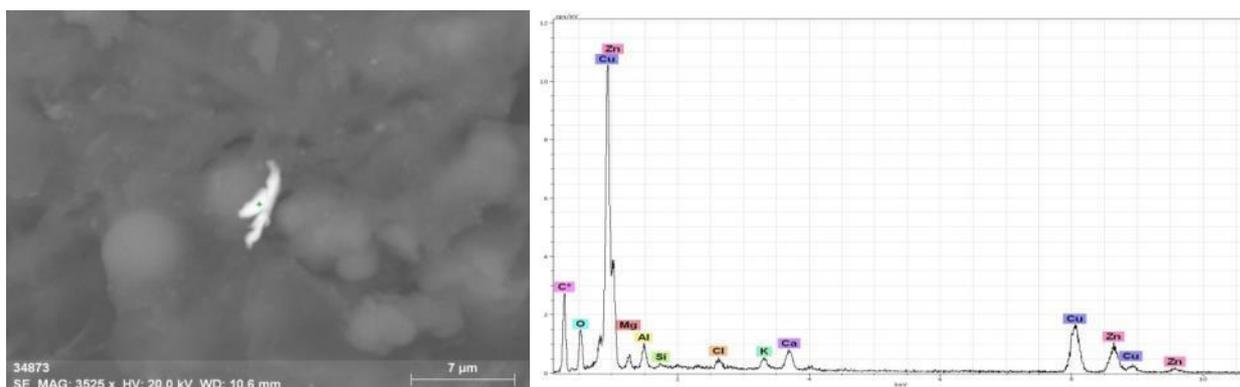


Рисунок 27 - Частица с содержанием Cu и Zn на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 16 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание
C	0
O	12,93373
Mg	3,30167
Al	4,148341
Si	0,570029
Cl	1,149984
K	1,947913
Ca	4,346659
Cu	43,11571
Zn	28,48597
	100

Медь широко применяется в электротехнике для изготовления полупроводников, в теплоотводных устройствах (радиаторы охлаждения и др.). Техногенное загрязнение медью часто приурочено к таким источникам, как транспорт, сжигание топлив [48].

На поверхности листа клена были обнаружены частицы с высоким содержанием Ni (46%) (рисунок 28). Никель - обязательный компонент при производстве нержавеющей стали, что может быть его источником при износе металлических деталей, также является отходом металлообработки.

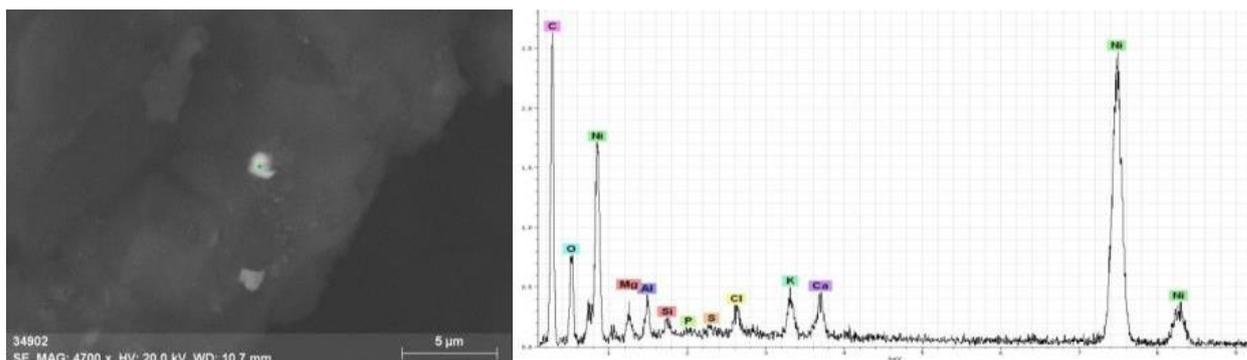


Рисунок 28 - Частица с высоким содержанием никеля (46%) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Далее представлена частица гематита(?) больших размеров (приблизительно 11x16 микронетров) на поверхности листа клена (рисунок 29).

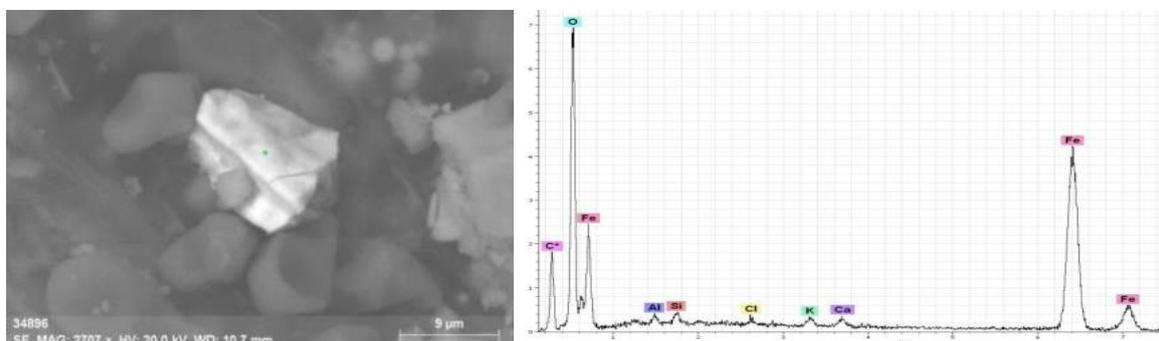


Рисунок 29 - Частица гематита(?) (Fe – 59,5%, O – 37,6%) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

На поверхности листа тополя были свои специфические осажденные частицы. На адаксиальной стороне были обнаружены различные микросферулы (рисунки 30-31).

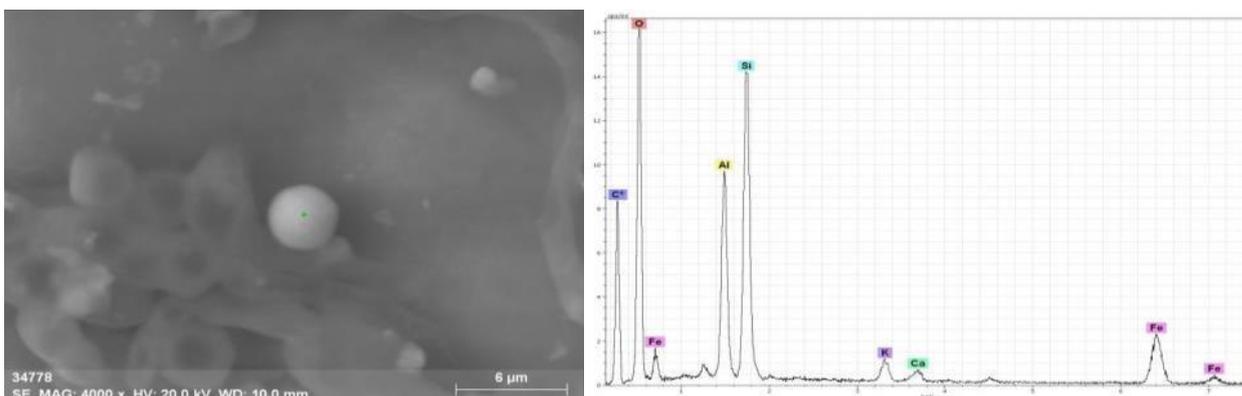


Рисунок 30 - Металлическая микросфера на адаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Примечательным на рисунке 31 является соседство более крупной железистой микросферы с алюмосиликатной.

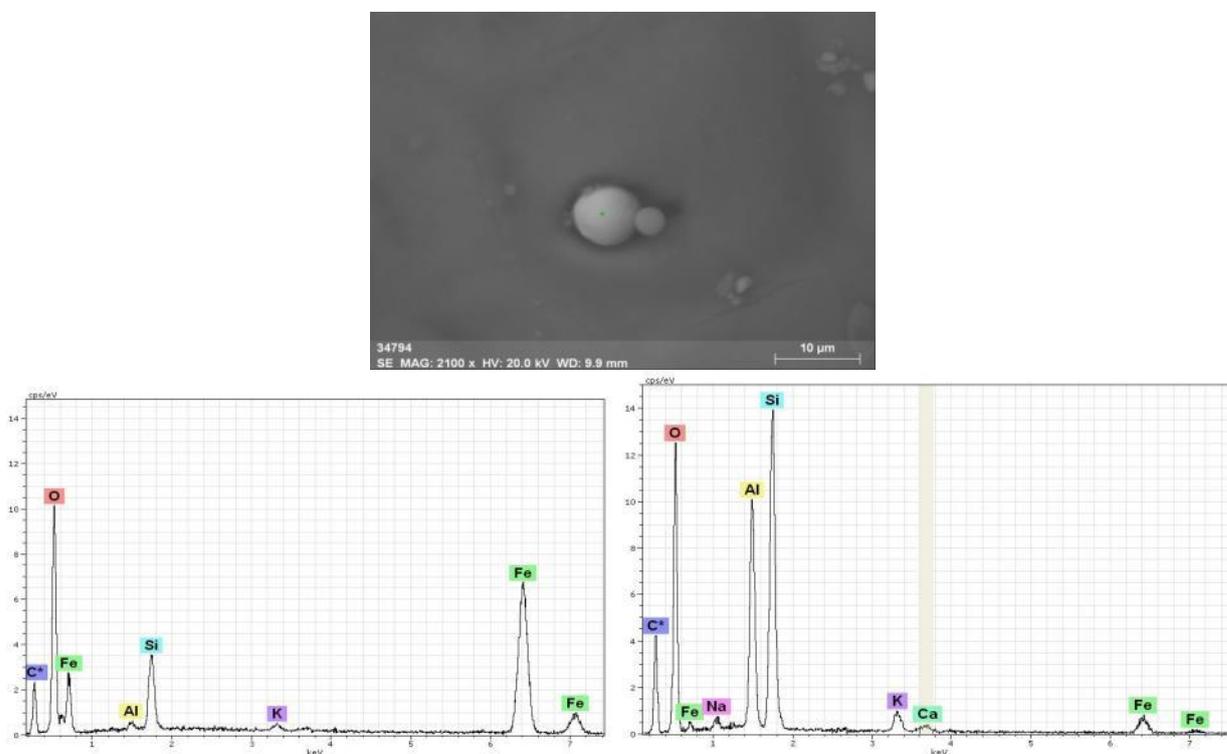


Рисунок 31 - Железистые микросферы на адаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск и ее энерго-дисперсионные спектры частиц, изображенных (слева – большая, справа – меньшая)

Далее представлены изображения частиц на абаксиальной поверхности листа тополя. По сравнению с адаксиальной стороной листа тополя, на абаксиальной обнаружено значительно меньшее количество осажденных частиц.

На рисунке 32 представлена частица, в составе которой присутствуют Fe и Pb – галенит(?) (таблица 17).

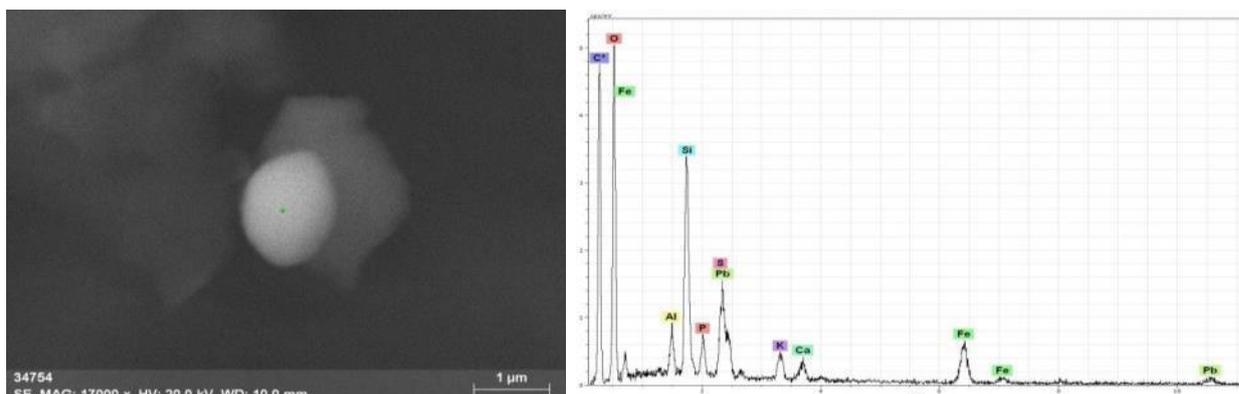


Рисунок 32 - Частица галенита(?) на абаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 17 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	0
O	52,50134
Al	1,818039
Si	7,82614
P	1,514883
S	1,039689
K	2,364885
Ca	2,16811
Fe	14,19308
Pb	16,57383
	100

Данная частица галенита(?) располагается на поверхности другой алюмосиликатной частицы – кварца(?) (рисунок 33).

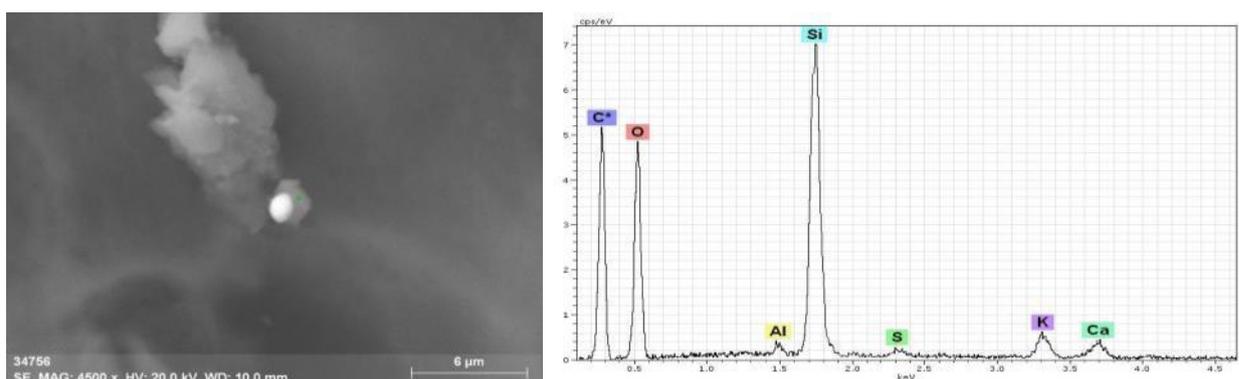


Рисунок 33 - Частица кварца(?) (Si – 26%, O – 61%) на абаксиальной поверхности листа тополя, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Наиболее детально была изучена поверхность листьев яблони.

Специфичными частицами для поверхности листа яблони в г.Томск являются галенит(?) (рисунок 34, таблица 18) и вольфрамит(?) (рисунок 35, таблица 19).

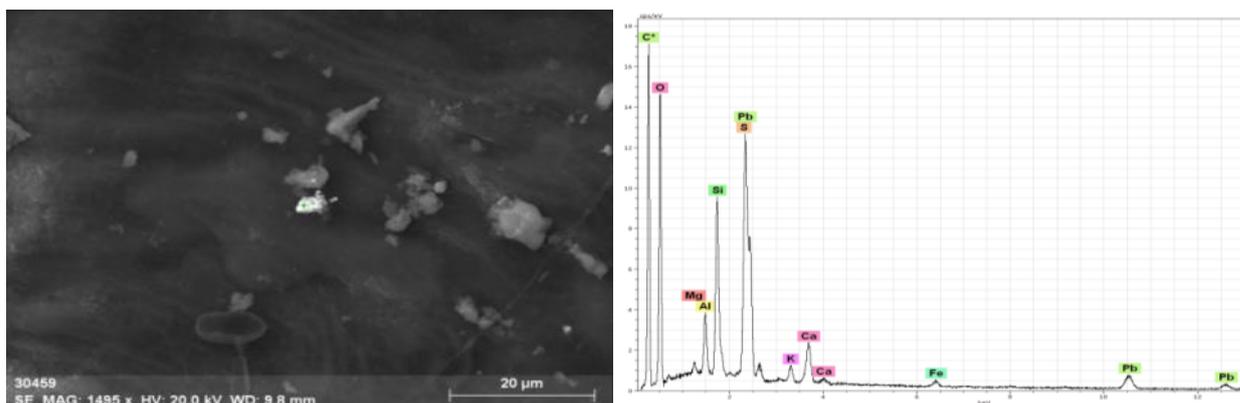


Рисунок 34 - Частица галенита(?) на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 18 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	0
O	41,36048
Mg	0,334299
Al	2,000876
Si	5,161413
S	1,047163
K	1,555956
Ca	5,023851
Fe	1,727089
Pb	41,78888
	100

Одним из главных источников Pb может являться автотранспорт – несмотря на то, что этилированный бензин на данный момент запрещен, все же некоторое количество Pb может находиться в составе бензина. Pb применяется при изготовлении кабелей, в различных сплавах, электродных изделиях, при очистке бензина и нефти. Также техногенное загрязнение проявляется в районах приборостроительных, электротехнических производств [49].

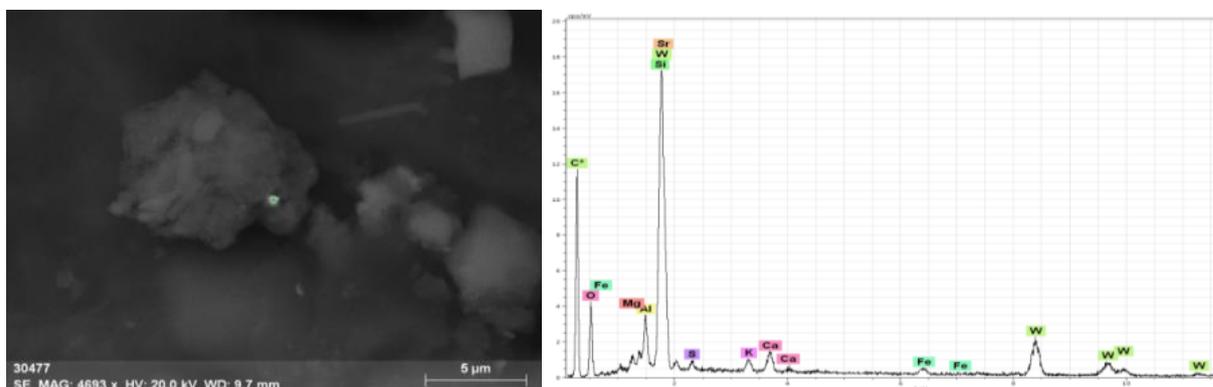


Рисунок 35 - Частица вольфрамита (?) на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 19 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	0
O	19,44501
Mg	1,309742
Al	3,895349
Si	6,737844
S	0,617618
K	1,546983
Ca	3,076202
Fe	1,792039
Sr	6,768742
W	54,81047
	100

Вольфрам входит в состав легированных сталей. В высоких концентрациях может быть в пыли от заточки инструмента (машиностроительная и металлообрабатывающая промышленности, особенно инструментальное производство). Кроме того, возможно влияние выбросов предприятий электротехники, радиотехники [48].

Далее изучалась поверхность листа яблони с условно фоновой территории с. Калтай.

Картирование позволило выявить алюмосиликатные частицы (рисунок 36).

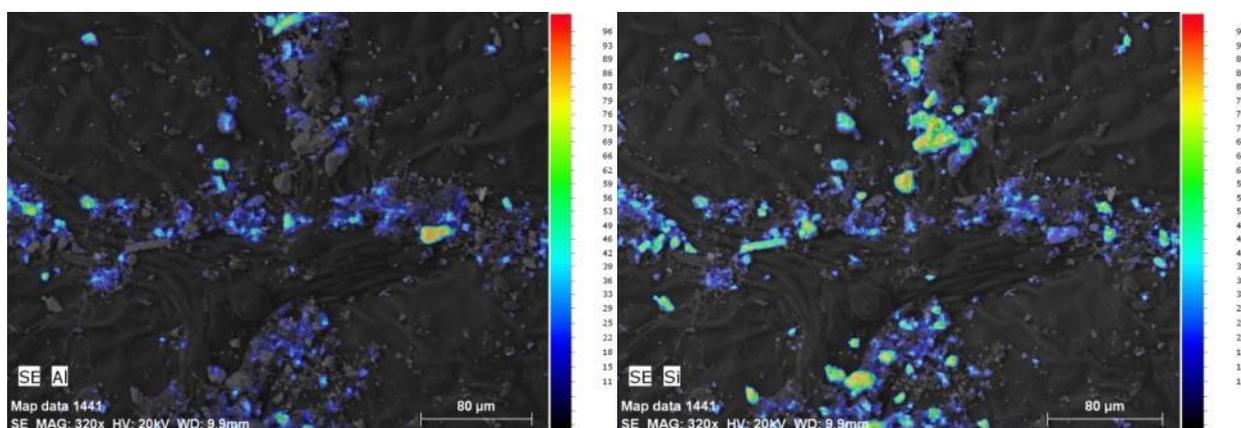


Рисунок 36 - Картирование распределения Al (слева) и Si (справа) на поверхности листа яблони, отобранного в с.Калтай

На рисунке 33 видно, что по картированию не везде совпадают Al и Si, это говорит о том, что кроме алюмосиликатных частиц на данном участке поверхности листа яблони есть и другие частицы, содержащие отдельно как Al, так и Si.

Далее представлено картирование распределения магния (рисунок 37). Он используется для катодной защиты металлов от коррозии, данный элемент может поступать в окружающую среду в следствие износа металлических изделий.

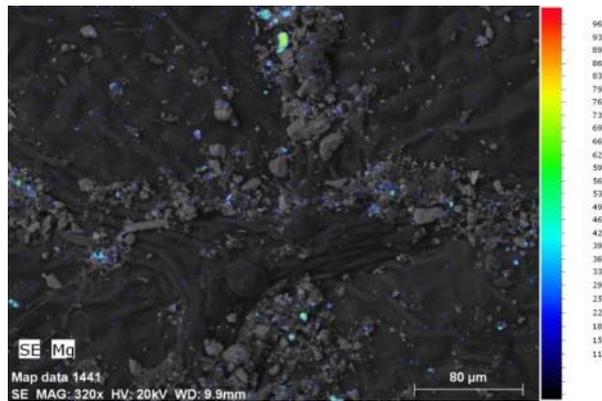


Рисунок 37 - Картирование распределения Mg на поверхности листа яблони, отобранного в с.Калтай

Картирование распределения калия и натрия (рисунок 38). Возможным источником их могут являться удобрения.

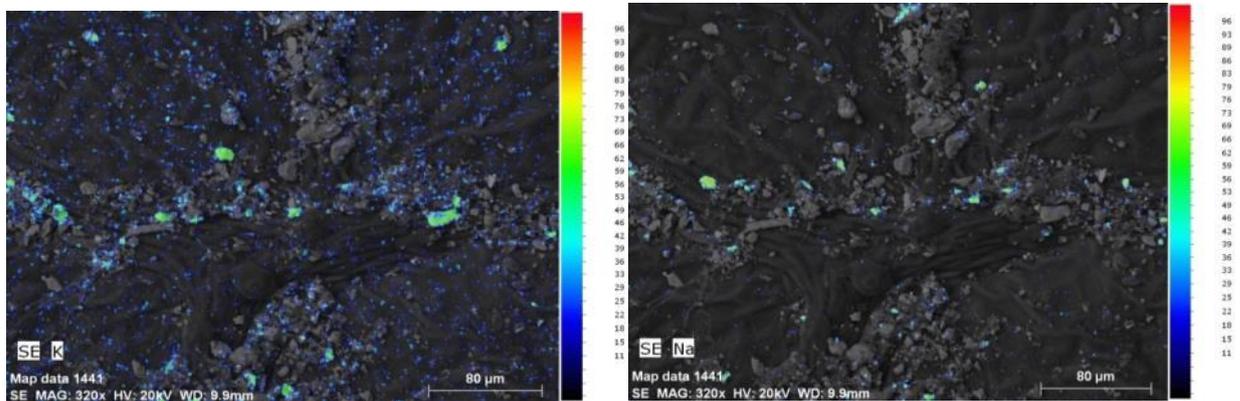


Рисунок 38 - Картирование распределения К (слева) и Na (справа) на поверхности листа яблони, отобранного в с.Калтай

Также был обнаружен фосфат с высоким содержанием редкоземельных элементов (рисунок 39, таблица 20). Его источником может быть пыль с поверхности земли.

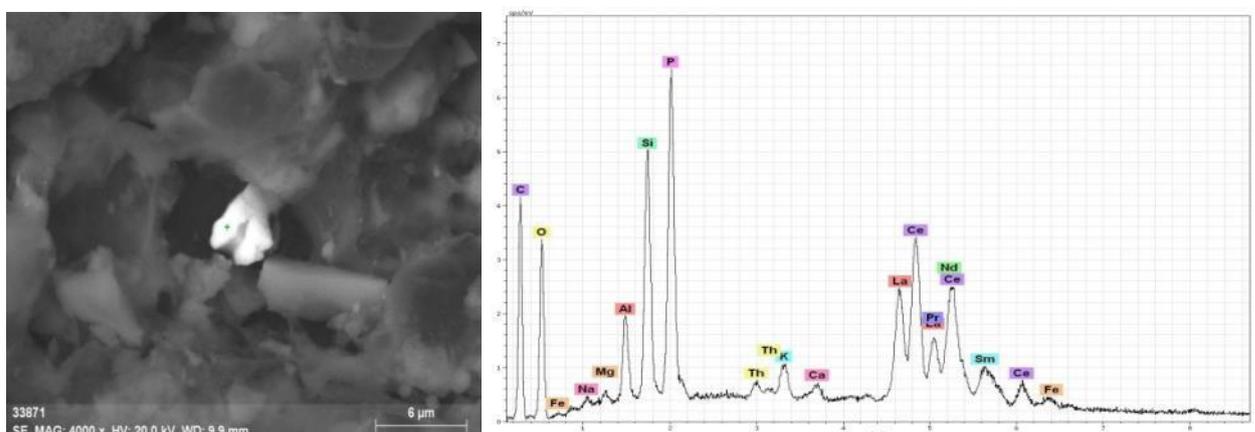


Рисунок 39 - Частица фосфата редкоземельных элементов на поверхности листа яблони, отобранного в с.Калтай, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 20 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
C	18,88717
O	10,49555
Na	1,476022
Mg	1,443077
Al	4,336237
Si	7,819683
P	10,30561
K	0,853927
Ca	0,447862
Fe	0,631932
La	12,84624
Ce	20,68186
Pr	1,771763
Nd	6,174652
Sm	0,557321
Th	1,271104
	100

Похожая частица фосфата редких земель (монацит?) была также обнаружена на поверхности листа клена в г.Томск (рисунок 40, таблица 21).

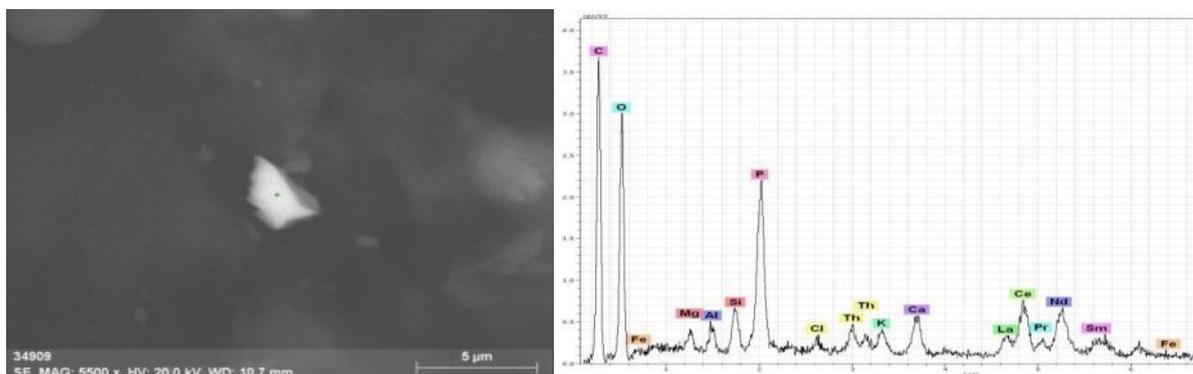


Рисунок 40 - Частица фосфата редких земель (монацит?) на поверхности листа клена, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таблица 21 - Количественный элементный состав в точке исследования

Элемент	Содержание, %
1	2
C	31,60225
O	27,57083
Mg	0,646214
Al	0,633407
Si	0,970202
P	5,9972
Cl	0,086816
K	0,706008
Ca	2,11141

Окончание таблицы 21

1	2
Fe	0,273416
La	3,676868
Ce	12,94411
Pr	1,602272
Nd	6,878493
Sm	1,655656
Th	2,644845
	100

Ca является биофильным элементом, характерным для листьев в целом является наличие кальцита внутри листа. Отдельно стоит отметить, что на сломе листа нами наблюдались кристаллы кальция (рисунок 41). Избыточное накопление веществ, в данном случае кальция, зачастую приводит к образованию кристаллов, носящих название кристаллических включений.

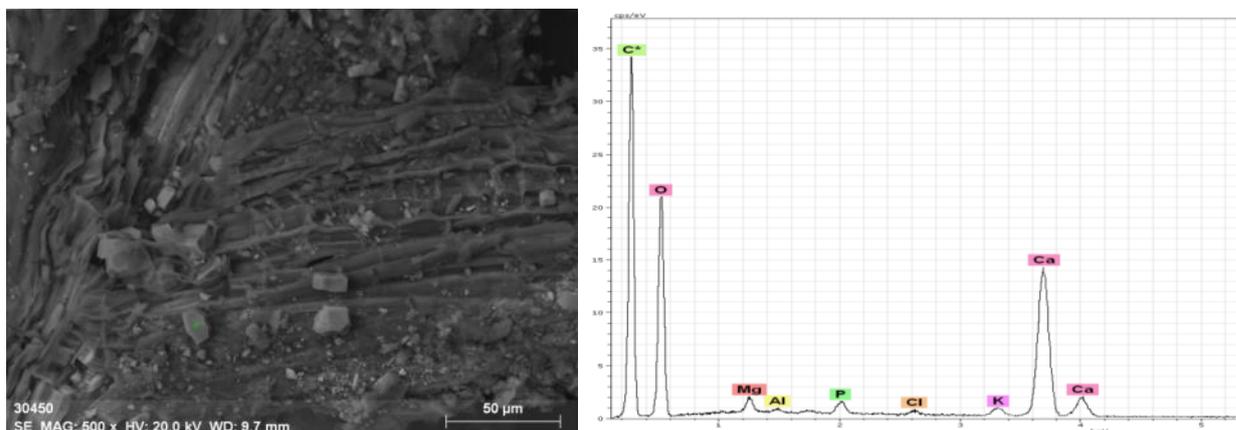


Рисунок 41 - Кристаллы кальцита на сломе листа яблони и энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

А также морфологические изменения на поверхности листа – изоморфное замещение кальция кремнием (рисунок 42).

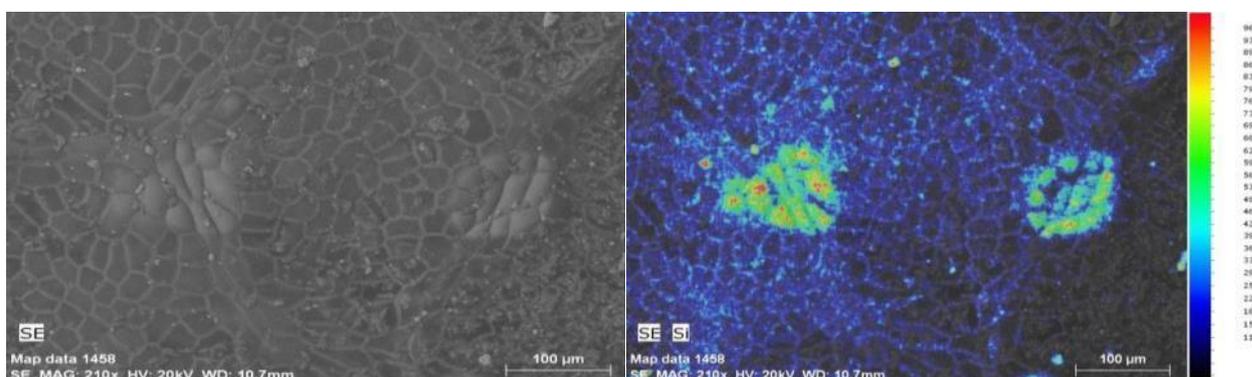


Рисунок 42 - Преобразования на поверхности листа клена и картирование распределения

Si

Был зафиксирован захват частицы гематита(?) в устьице (рисунок 43).

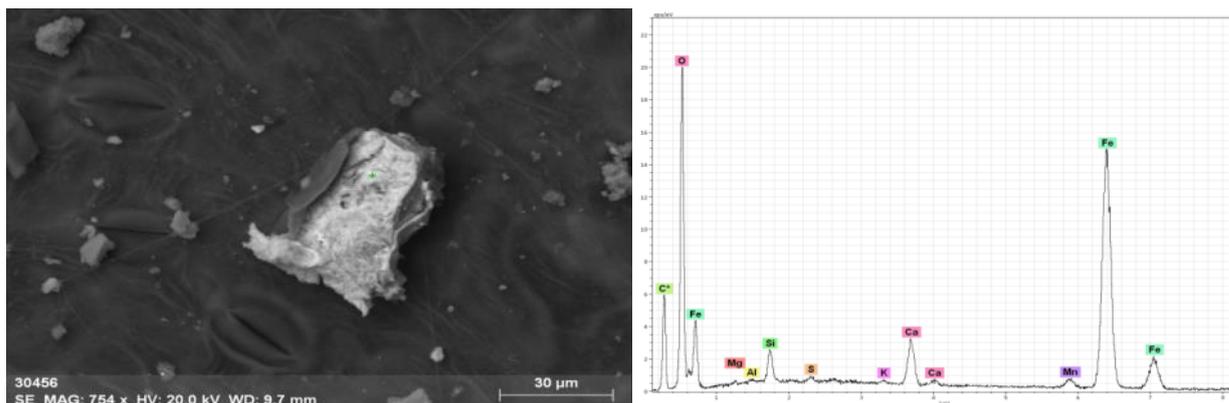


Рисунок 43 - Частица гематита(?) (Fe – 58,8%, O – 33,9%) на поверхности листа яблони, отобранного в г.Томск, и ее энерго-дисперсионный спектр в точке исследования

Таким образом, в ходе данных исследований пришли к следующим выводам:

1. На поверхностях листьев были выявлены следующие минеральные образования: частицы пирита, пирротина, халькопирита, ильменита, гематита, галенита, барита, фосфатов редкоземельных элементов, кальцита, кварца, вольфрамит, металлических микросферул.

2. Запыленность листа в Калтае больше, чем в Томске, в связи с незаасфальтированностью дорог, активным сельским хозяйством – происходит перенос частиц с земли ветром.

3. На адаксиальной поверхности листа тополя обнаружено значительно большее количество осажденных частиц, чем на абаксиальной стороне.

4. Отличительным для поверхности клена в целом является осаждение частиц больших размеров (до приблизительно 22,5 микрометров).

5. Поверхность листа клена осаждает на себе большее количество пылевых выпадений, чем остальные исследованные виды листьев, а именно тополь, яблоня и сирень. Это может быть связано с наличием у клена на поверхности листьев большего количества волосков (трихом), которые не так проявлены на поверхности других исследуемых листьев. Волоски способствуют частицам удерживаться на поверхности при ветре или осадках. Кроме того, на ощупь поверхность листа клена более шероховатая по сравнению с другими видами изученных растений.

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что клен является более подходящим видом для экологизации города в качестве городских насаждений.

Возможными источниками пылевых выпадений на территории города Томск могут являться автотранспорт – галенит, оксиды железа; предприятия машиностроения и металлообработки – стружка железа, металлическая медь; предприятия топливно-

энергетического комплекса – оксиды железа, вольфрама и титана, пирит, халькопирит, пирротин, муллит, железистые микросферулы; химические и фармацевтические - барит. Микросферулы также могут поступать от предприятий металлообработки. Циркон, ильменит могут быть перенесены ветром с Туганского месторождения.

Полученные результаты коррелируют с ранее проведенными исследованиями. К примеру, как и в исследованиях [46, 47] были обнаружены алюмосиликатные и металлические микросферулы, барит, пирит и халькопирит, такие оксиды железа, как гематит, магнетит, ферромагнетит, а также конгломераты алюмосиликатов с оксидами вольфрама, титана.

Вероятными источниками твердых частиц на поверхности листьев яблони в с.Калтай могут являться перенос пыли с почв, незаасфальтированных дорог, ветровая эрозия.

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЛИСТЬЕВ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

Данная выпускная квалификационная работа представлена научно-исследовательской работой, в которой изучаются особенности минерального состава пылевых выпадений по результатам изучения поверхности листьев на фоновой и импактной территориях Томской области. Объектом исследований являются листья яблони, тополя, клена, сирени.

В настоящем разделе рассматриваются вопросы производственной безопасности, связанные с работой на ПК и электронном микроскопе в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ кафедры ГЭГХ ТПУ, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда.

В ходе работы были осуществлены следующие этапы.

1. Лабораторный этап представляет собой исследование поверхности листьев методом растровой электронной микроскопии в лаборатории кафедры ГЭГХ ТПУ с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N.

2. Камеральный этап заключается в обработке и анализировании полученных результатов на персональном компьютере (ПК).

### 5.1 Производственная безопасность

Основные элементы исследовательского процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работы описаны в таблице 22, в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74 [22].

Таблица 22 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении лабораторных и камеральных работ

Наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Лабораторный и камеральный этап. Работа на электронном микроскопе, обработка материалов на ПК	1. Недостаточная освещенность рабочего помещения; 2. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 3. Степень нервно эмоционального напряжения.	1. Электрический ток; 2. Пожароопасность.	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37] ГОСТ 12.1.038-82 [24] СанПиН 2.2.4.548-96 [38] ГОСТ 12.1.033 – 81 [23] ГОСТ Р 12.1.019-2009 [27]

Окончание таблицы 22

1	2	3	4
	4. Воздействие электромагнитного поля		ГОСТ12.1.004-91 [28] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [36]

## 5.2 Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению

### Лабораторный и камеральный этапы

**1. Недостаточная освещенность рабочего помещения.** Недостаточное освещение на рабочем месте затрудняет выполнение работы, вызывает утомление и увеличивает риск производственного травматизма. Долгое нахождение в условиях недостаточного освещения способствует развитию близорукости.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 в таблице 23 приведены общие требования для освещенности используемых помещений для выполнения исследований [37].

Таблица 23 - Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПК [37]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО, %		КЕО, %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Помещения для работы с ПК	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран монитора: В-1,2							

Окончание таблицы 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лаборатория электронного микроскопа	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400

Для обеспечения вышеперечисленных нормируемых значений освещения в помещениях использования ПК следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и для регулирования яркости окон могут быть применены занавески, шторы, жалюзи [37].

**2. Отклонение показателей микроклимата в помещении.** Данный фактор негативно сказывается на организме, становится причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, и также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами, ухудшения общей работоспособности человека.

В таблице 24 приведены параметры микроклимата в теплый период года для помещений, в которых осуществлялись лабораторные и камеральные работы и установлены компьютеры и электронный микроскоп.

Таблица 24 - Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне [38]

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Теплый	Температура в воздухе помещений	23-25 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

Для поддержания данных параметров микроклимата в помещениях с ПК необходимо использовать системы отопления и кондиционирования или приточно-вытяжную вентиляцию [42].

**3. Степень нервно-эмоционального напряжения.** Нервно-эмоциональное напряжение может возникать в результате дефицита времени, значительных объемов информации, особенности диалогового режима общения человека и ПК (сбои, оперативное ожидание и т.д.), ответственности за безошибочность информации.

Чтобы избежать таких последствий, как утомляемость, расстройство внимания, ослабление воли, сонливости необходимо делать перерывы каждые 2 часа по 15 минут, а

также желательно соблюдать следующее: больше 4 часов не заниматься одной и той же работой, во время необходимо менять обстановку и занятие.

При непрерывной работе с ПК необходимо также выполнять комплекс профилактических мероприятий: гимнастика для глаз каждые 20-25 минут работы на ПК, физкультурная зарядка.

**4. Воздействие электромагнитного поля (ЭМП).** В рассматриваемом исследовании источниками электромагнитных излучений является компьютерное оборудование.

Продолжительное воздействие электромагнитного излучения может негативно сказаться на сердечнососудистой системе человека, также страдает иммунитет человека. Под влиянием излучения в крови сокращается количество защитных клеток, что может привести головной боли, преждевременной утомляемости и расстройству нервной системы.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» в таблице 25 приведены временные допустимые уровни ЭМП.

Таблица 25 - Временные допустимые уровни (ВДУ) ЭМП, создаваемых ПК [36]

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

Защита от воздействия ЭМП осуществляется путем регламентирования режима труда и отдыха. Регламентированные перерывы необходимы для того, чтобы исключить возможность возникновения у работника вышеперечисленных заболеваний.

### **5.3 Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению** **Лабораторный и камеральный этапы**

К опасным производственным факторам при работе в лаборатории относятся возможность поражения электрическим током и возможность возникновения пожара.

**1. Электрический ток.** Источником электрического тока являются электрооборудования и незаземленные провода.

Электрический ток, когда проходит через организм человека, оказывает на него такие действия, как электролитическое, термическое, механическое и биологическое.

Основным нормативным документом, устанавливающим требования по электробезопасности, является ГОСТ 12.1.038-82 [24].

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 26.

Таблица 26 - Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки [24]

Род тока	U, В	I, А
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих на ПК [27]:

- все узлы одного ПК и его периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети;
- корпус системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- при отключении периферийного оборудования должен использоваться отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;
- все соединения ПК и внешнего оборудования должны проводиться при выключенном электропитании.

Мероприятиями, направленными на ликвидацию причин травматизма, являются [27]:

- постоянное слежение за состоянием изоляции электропроводов, кабелей;
- разработка и выполнение инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации;
- соблюдение правил противопожарной безопасности;
- качественное и своевременное выполнение работ по проведению планово-профилактических работ и предупредительных ремонтов.

В качестве средств коллективной защиты может применяться защитное заземление и изолирование кабелей. Расположение рабочего места должно исключать возможность прикосновения к токоведущим частям установки и трубам водопровода одновременно. Необходимо исключать попадания влаги на токоведущие провода и использование автомата-выключателя общего ввода питания в помещении.

**2. Пожароопасность.** Возможны следующие источники пожароопасности: неработоспособное или неисправное электрооборудование, также неисправности в проводке, розетках и выключателях, короткое замыкание [23].

При возникновении пожара или взрыва, человек подвергается воздействию токсичных продуктов горения, огня и лучистых потоков, дыма, который воздействует на слизистые оболочки, у человека возникает недостаток кислорода, вследствие чего ухудшение двигательной функции, ранение осколками, химические ожоги, отравление.

Профилактические мероприятия должны быть следующими:

- обнаружение и последующее устранение неполадок в сети, своевременный ремонт или замена электрооборудования, скрытие электропроводки для уменьшения вероятности короткого замыкания;

- в качестве первичных средств пожаротушения в помещениях должны иметься огнетушители.

Также в помещениях должны быть обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- план эвакуации людей при пожаре;
- системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ПК;
- установленная система автоматической противопожарной сигнализации [28].

#### **5.4 Экологическая безопасность**

В результате реализации исследований в ВКР источников загрязнения окружающей среды не выявлено. Данное исследование и используемые материалы не будут влиять на атмосферу, гидросферу и литосферу.

#### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При работе в рассматриваемых помещениях 20 корпуса ТПУ возможен пожар, т.к. помещения оснащены электропроводкой и ПК.

Аудитория с ПК и лаборатория обеспечены следующими средствами противопожарной защиты: план эвакуации, памятка соблюдения правил техники пожарной безопасности, системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ПК, огнетушители, противопожарная сигнализация.

При возникновении пожара необходимо [28]:

- незамедлительно сообщить об обнаружении пожара в соответствующие органы;
- организовать оповещение персонала объекта о пожаре;
- по возможности выяснить о местоположении очага пожара;
- оценить обстановку и принять соответствующее решение о тушении пожара.

К первичным средствам пожаротушения в условиях 20 корпуса ТПУ относятся: пожаротушащие вещества (вода) и пожарное оборудование (огнетушитель).

## 5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

**1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.** Согласно Конституции Российской Федерации, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены.

При эксплуатации ПК на работника могут оказывать действие опасные и вредные производственные факторы.

Работник обязан: выполнять только ту работу, которая определена его должностной инструкцией, содержать в чистоте рабочее место, соблюдать режим труда и отдыха, соблюдать меры пожарной безопасности.

При выполнении данных исследований, заложенных в ВКР, при работе на компьютере регламентированные перерывы следует устанавливать через 1,5-2 часа от начала работы и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы [44].

**2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.** С целью повышения производительности труда, предотвращения опасности возникновения профессиональных заболеваний, рабочее место должно быть правильно расположено и скомпоновано.

Организация рабочего места должна соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 [25].

Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости показаны на рисунке 44.

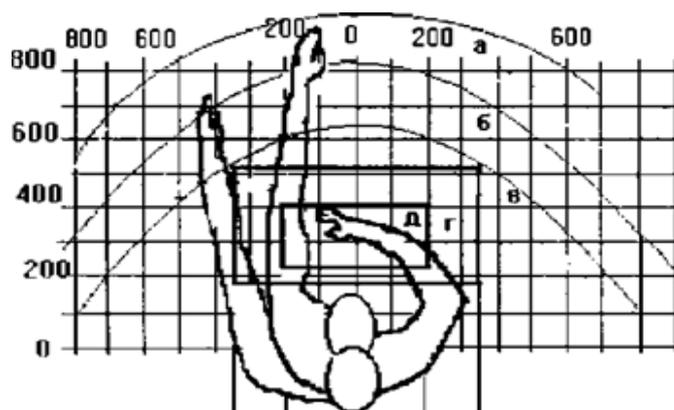


Рисунок 44 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

(а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы)

Оптимальным размещением предметов труда и документации на рабочем месте будет следующее: дисплей помещается в центре в зоне а, клавиатура - в зоне г/д, системный блок размещается в зоне б слева, принтер находится в зоне а (справа).

При работе в положении сидя рекомендованы следующие параметры рабочего пространства: ширина не меньше 700 мм, а глубина не меньше 400 мм, высота рабочей поверхности стола от пола составляет 700-750 мм.

Оптимальный стол имеет размеры: высота 710 мм, длина стола 1300 мм, ширина стола 650 мм, поверхность для письма должна иметь не менее 400 мм в глубину и не менее 600 мм в ширину.

Вторым основным элементом рабочего места инженера является кресло. Оно должно соответствовать ГОСТ 21.889-76. Анализ положения тела человека в положении сидя с учетом физиологии, приводит к следующим требованиям конструкции рабочего кресла:

- должна допускаться возможность изменения положения тела, т.е. свободное перемещение корпуса и конечностей тела друг относительно друга;
- возможность регулирования высоты в зависимости от роста работающего человека (в пределах от 400 до 550 мм) [26].

# **6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЫЛЕВЫХ ВЫПАДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ НА ФОНОВОЙ И ИМПАКТНОЙ ТЕРРИТОРИЯХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

## **6.1 Техническое задание**

Экономическая часть данной ВКР будет содержать расчет затрат на проведение научного исследования поверхности листьев древесных насаждений методом электронной микроскопии.

Город Томск характеризуется повышенным уровнем антропогенной нагрузки в связи с наличием промышленных парков и заводов в черте города. Деятельность производства сильно влияет на окружающую среду и здоровье человека. Одной из важных геоэкологических проблем Томска является загрязнения атмосферы выбросами поступающие от автотранспорта и промышленных предприятий. Поэтому необходимо проведение комплекса работ по изучению химических и минеральных особенностей пылевых выпадений на поверхность листьев, так как городская растительность является фильтром и биологическим поглотителем атмосферных загрязнителей.

Данное исследование заключается в изучении листьев различных древесных насаждений в Томской области: в центре города Томска, на Новособорной площади, на разном удалении от проезжей части, а также в с. Калтай, на условно фоновой территории (рисунок 45).

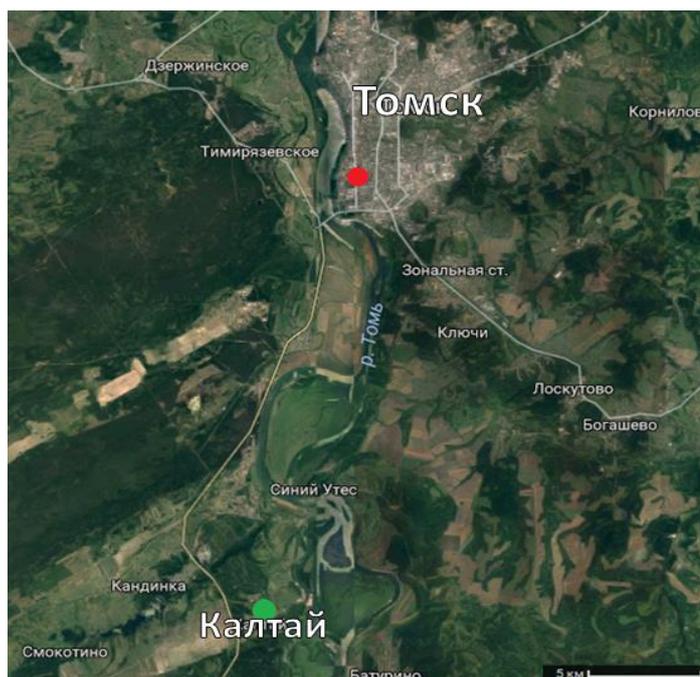


Рисунок 45 - Карта-схема выполнения работ

**Место проведения работ (отбора проб):** Новособорная площадь, Советский район, г. Томск и с. Калтай, Томский район (условно фоновая точка).

**Время проведения работ:** август 2016 года, май 2017 года.

**Объект исследований:** поверхность листьев древесных насаждений.

**Метод и вид исследований:** биогеохимический метод.

**Объем работ:** 6 проб.

**Виды намечаемых работ:**

- 1) Отбор проб биогеохимическим методом;
- 2) Камеральная пробоподготовка (без использования ЭВМ);
- 3) Лабораторные работы на электронном растровом микроскопе с приставкой для микроанализа;
- 4) Камеральная обработка полученных материалов (с использованием ЭВМ).

**Типовой состав отряда:** эколог, рабочий.

#### **6.1.1 Планирование и управления научно-техническим проектом**

Одним из главных принципов выполнения исследовательской работы является минимум затрат, что соответствует максимальной эффективности исследования и обеспечивает работу достаточным количеством информации для решения поставленных задач. Для определения материальных затрат, которые связаны с выполнением разработанного технического задания, необходимо определить время на выполнение каждого вида работы, спланировать их последовательное проведение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ.

Для этого необходимо проведение эколого-геохимических работ биогеохимическим методом, камеральная подготовка материалов, лабораторных исследований, камеральных работ, более подробная информация о которых представлена в таблице 27.

#### **Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом**

Содержание работ: выбор пунктов отбора проб, отбор проб листьев древесных насаждений вручную, маркировка пакетов для проб, этикетирование и упаковка проб, изучение и описание материалов проб. Отражение и закрепление на маршрутной карте пунктов наблюдения, сушка и измельчение материала проб, регистрация проб в журнале.

#### **Лабораторные работы**

Исследование проб выполняется на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010 для рентгеноструктурного анализа в учебно-научной лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

## Камеральные работы

Камеральная подготовка и обработка материалов включает подготовку материала для исследования, сбор и изучение результатов анализа проб и их систематизация, оформление полученных данных в виде текста, таблиц, рисунков.

Таблица 27 - 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	шт.	6	Отбор проб осуществляется на территории Новособорной площади г. Томска и в с. Калтай	Отбор проб производится в крафт пакет
2	Камеральная подготовка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	шт.	6	Пробоподготовка отобранного материала	
3	Лабораторные исследования (электронно-микроскопический анализ)	шт.	6	- Исследования образца (просмотр на электронном микроскопе (включение микроскопа, просмотр, интерпретация изображения, фотографирование выбранного участка); - Вспомогательные операции (обработка полученного материала (подписи на фотографиях, определение масштаба увеличения. Запись в минералогический журнал краткой электронно-микроскопической характеристики образца)	Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010
4	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	шт.	6	Компьютерная обработка полученных результатов	ПК

В таблице 28 представлен график работы данных исследований.

Таблица 28 - График работы исследования

Вид работ	Продолжительность выполнения работ		
	Июль, 2016 г.	Август, 2016 г.	Май, 2017 г.
1	2	3	4
Планирование научного исследования	+		

Окончание таблицы 28

1	2	3	4
Отбор проб биогеохимическим методом		+	
Камеральная подготовка материалов ЭГР			+
Лабораторные исследования			+
Камеральные работы			+

На основе технического плана рассчитываются затраты и время труда.

### 6.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда были используются нормы, изложенные в ССН выпуск 7 «Геолого-экологические работы» [40]. Они представляют собой два параметра: норма времени, выраженная на единицу продукции; коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле (1):

$$N = Q \times НВР \times K, \quad (1)$$

где: N-затраты времени; Q-объем работ; НВР - норма времени из справочника сметных норм; K- коэффициент за ненормализованные условия; смена составляет 8 часов.

Все работы были выполнены одним экологом и одним рабочим.

Используя технический план, в котором указаны все виды и объемы работ, определяются затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах. Полученные результаты представлены в таблице 29.

Таблица 29 - Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времен и по ССН (НВР)	Коэф. ф. (К)	Норматив ный документ	Итого времени (N)
		Ед. изм.	Кол. (Q)				
	1	2	3	4	5	6	7
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	шт.	6	0,0591 смен	1	ССН 2. Табл. 41, стр. 2, ст. 2	0,36 смен
<b>Итого на эколого-геохимические работы:</b>							<b>0,36 смен</b>
2.1	Исследования образца на электронном микроскопе: Просмотр и фотографирование на электронном микроскопе (включение микроскопа, просмотр, интерпретация изображения, фотографирование выбранного участка)	шт.	6	17 часов	1	ССН 7, табл.13, стр.67, ст.4	102 ч. = 12,75 смен

## Окончание таблицы 29

	1	2	3	4	5	6	7
2.2	Вспомогательные операции (для электронно-микроскопических анализов): Обработка полученного материала (подписи на фотографиях, определение масштаба увеличения). Запись в минералогический журнал краткой электронно-микроскопической характеристики образца)	шт.	6	6 часов	1	ССН 7, табл.13, стр.82, ст.4	36 ч. = 4,5 смен
<b>Итого на лабораторные работы:</b>							<b>17,25 смен</b>
3.1	Камеральная подготовка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	шт.	6	0,0136 смен	1	ССН 2. Табл. 59, стр. 3, ст. 3	0,08 смен
3.2	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	шт.	6	0,0337 смен	1	ССН 2, табл. 61, стр. 100, ст. 3	0,2 смен
<b>Итого на камеральные работы:</b>							<b>0,28 смен</b>
Итого:							17,89 смен

Расчет затрат времени на каждого работника представлен в таблице 30. Период проведения работ составляет 2 месяца. Исследование и обработка материала на электронном микроскопе проводится совместно экологом и рабочим.

Таблица 30 - Расчет затрат труда каждого работника

№	Виды работ	Суммарное время выполнения для всех работников	Эколог	Рабочий
			чел/смен	Чел/смен
	1	2	3	4
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	0,36	0,36	0,36
2	Камеральная подготовка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	0,08	0,08	-

## Окончание таблицы 30

	1	2	3	4
3	Исследования образца на электронном микроскопе: Просмотр и фотографирование на электронном микроскопе (включение микроскопа, просмотр, интерпретация изображения, фотографирование выбранного участка)	25,5	12,75	-
4	Вспомогательные операции (для электронно-микроскопических анализов): Обработка полученного материала (подписи на фотографиях, определение масштаба увеличения). Запись в минералогический журнал краткой электронно-микроскопической характеристики образца)	9	4,5	-
5	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	0,2	0,2	-
Итого:		35,14	17,89	0,36

**6.3 Расчет сметной стоимости проектируемых работ****Нормы расхода материалов на проведения работ и их стоимость**

Нормы расхода материалов для биогеохимических и камеральных работ определялись согласно ССН, выпуск 2 [1], а для лабораторных работ согласно ССН, выпуск 7 [40] (таблица 31).

Таблица 31 - Нормы расхода материалов на проведение работ и их стоимость

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
<b>Эколого-геохимические работы</b>				
Блокнот	шт.	70	1	70
Маркер	шт.	20	1	20
Карандаш простой	шт.	30	1	30
Ручка шариковая	шт.	50	1	50
Крафт пакеты (100 шт.)	шт.	350	10	35
Контейнер для проб	шт.	2,5	10	25
<b>Лабораторные работы</b>				
Тигли фарфоровые	шт.	15	5	75
Спирт этиловый	л	50	0,25	12,5
Вата стерильная	кг	100	0,2	20

Окончание таблицы 31

1	2	3	4	5
<b>Камеральные работы</b>				
Бумага офисная	шт.	100	0,32	32
Резинка учен.	шт.	2	0,8	1,6
Карандаш простой	шт.	30	0,32	1,28
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	40	1	40
Стержень для ручки шариковой	шт.	10	1	10
<b>Итого:</b>				422,38

### Расчет оплаты труда

Затраты труда определяются по трем статьям основных расходов: основная заработная плата (оклад с учетом трудозагрузки); дополнительная заработная плата (7,9% от основной заработной платы); отчисления на социальное страхование (30% от суммы основной и дополнительной заработной платы).

Расчет осуществляется в соответствии с формулами [31]:

$$ЗП = \text{Окл} * Т * К, (2)$$

где ЗП - заработная плата (условно), Окл - оклад по тарифу (руб.), Т - отработано дней (дни, часы), К - коэффициент районный.

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%, (3)$$

где ДЗП - дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП}, (4)$$

где ФЗП - фонд заработной платы (руб.).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, (5)$$

где СВ - страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, (6)$$

где ФОТ - фонд оплаты труда (руб.).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + М + А + R, (7)$$

где СПР - стоимость проектно-сметных работ.

Для расчета заработной платы за смену были взяты месячные оклады из приложения №2 «Таблица окладов» для НИИ ТПУ, для эколога – 3 группа, второй уровень, 5 категория составляет: 11973,72 руб./месяц, для рабочего – 4 группа, второй уровень, 4 категория составляет: 7927,52 руб./месяц. Для расчета оклада за смену разделим месячный оклад на количество рабочих дней в месяце – 22 дня. Оклад эколога составляет - 544,26 руб./день. Оклад для рабочего составляет: 360,34 руб./день.

Расчет оплаты труда представлен в таблице 32.

Таблица 32 - Расчет оплаты труда

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб.	Сумма основных расходов, руб.
<b>Основная заработная плата:</b>					
Эколог	1	чел-см	17,89	544	9732
Рабочий	1	чел-см	0,36	360	130
Итого	2		35,14		9862
Дополнительная зарплата	7,9%				779
Итого с доп.зап.:					10641
Итого с р.к.:	1,3				13833
Страховые взносы	30,0%				4150
<b>Итого:</b>					<b>17983</b>

### Транспортные расходы

В таблице 33 представлен расчет затрат на проезд к точкам отбора проб в с. Калтай и г. Томске.

Таблица 33 - Транспортные расходы

№	Транспортное средство	Количество поездок	Количество человек	Стоимость, руб.	Итого, руб.
1	Междугородний автобус (Томск-Калтай)	2	2	48,99	195,96
2	Маршрутный автобус (Томск)	6	2	18,00	216
<b>Итого:</b>					<b>411,96</b>

### Расчет затрат на подрядные работы

В таблице 34 представлена стоимость затрат на подрядное проведение работ по лабораторным исследованиям.

Таблица 34 - Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб.	Итого, руб.
1	Электронная микроскопия поверхности листьев древесных насаждений	6	2000	12000,00
<b>Итого:</b>			<b>12000,00 руб.</b>	

### Расчет амортизационных отчислений

В таблице 35 представлен расчет амортизационных отчислений за период выполнения исследований.

Таблица 35 - Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, тыс. руб.		Годовая норма амортиз ации, %	Сумма амортизац ии, руб./смен у	Сумма амортизац ии в период использов ания
		одного объекта	всего			
Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010	1	40000	40000	0,5	547,95	9452,14
ПК	1	25	25	10	6,85	1,37
<b>Итого:</b>						<b>9453,51</b>

#### Проектно-сметные работы

В таблице 36 представлены все виды затрат и общие затраты на все проектно-сметные работы.

Таблица 36 - Проектно-сметные работы

Наименование расходов	Сумма расходов, руб.
Расходы на материалы	422,38
Оплата труда со страховыми взносами	17983
Амортизационные отчисления	9453,51
Транспортные расходы	411,96
<b>Итого:</b>	<b>28270,85</b>

#### 6.4 Общий расчет сметной стоимости

Основные расходы являются базой для расчетов сметной стоимости проекта на проведение эколого-геохимических, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделены на собственно эколого-геохимические работы и сопутствующие работы и затраты.

На эту базу начисляются проценты, обеспечивающие организацию и управление работ по проекту, так называемые расходы, за счет которых осуществляются содержание всех рабочих.

Накладные расходы составляют 10% основных расходов.

Плановые накопления – затраты, которые предприятие использует для создания нормативной прибыли, которые используются:

- Для выплаты налогов и платежей от прибыли;

- А также для формирования чистой прибыли и создания фондов предприятия (фонда развития производства и фонда социального развития).

Существует утвержденный норматив «Плановых накоплений» равный 10-30% от суммы основных и накладных расходов. Выбирается норматив по согласованию с заказчиком. В данном проекте взят норматив 15%.

Компенсируемые затраты – затраты, не зависящие от предприятия, предусмотренные законодательством и возмещаемые заказчиком по факту их исполнения. К компенсируемым затратам относятся: производственные командировки; полевые довольствия; доплаты и компенсации; премии и т.д.

Резерв используется на непредвиденные работы и затраты и предназначен для возмещения расходов, необходимость в которых выявилась в процессе производства геоэкологических работ и не могла быть учтена при составлении проектно-сметной документации. Резерв составляет 3% от основных затрат.

Общий расчет сметной стоимости работ представлен в таблице 37.

Таблица 37 - Общий расчет сметной стоимости работ

№	Наименование работ и затрат	Объем		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед.изм	Кол-во	
<b>I</b>	<b>Основные расходы (ОР)</b>			
1	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	28270,85
2	Полевые работы (ПР)			28270,85
3	Камеральные работы	% от ПР	100	28270,85
	<b>Итого основных расходов (ОР):</b>			84812,55
<b>II</b>	<b>Накладные расходы</b>	% от ОР	10	8481,26
	<b>Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)</b>			93293,81
<b>III</b>	<b>Плановые накопления</b>	% от НР+ОР	15	13994,07
<b>IV</b>	<b>Подрядные работы</b>			
1	Лабораторные работы			12000
<b>V</b>	<b>Резерв</b>	% от ОР	3	2544,34
	<b>Итого сметная стоимость</b>			121832,22
<b>VI</b>	<b>НДС</b>	%	18	21929,78
	<b>Итого с учётом НДС:</b>			143762

Таким образом, общая стоимость работы составляет 143762 рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Твердые частицы в составе воздуха являются загрязнителями окружающей среды, а также подвергают риску состояние живых организмов, в том числе – здоровье городских жителей.

В черте города Томск функционируют различного рода предприятия: машиностроение и металлообработка, электромеханические, приборные, радиотехнические заводы, топливно-энергетический комплекс, химическая и фармацевтическая промышленность. Вероятно, все они вносят свой вклад в загрязнение воздуха твердыми частицами.

Проведенный литературный обзор позволил установить, что электронная микроскопия поверхности листьев городских насаждений позволяет решать следующие задачи: изучение морфологических изменений листьев вызванных загрязнением окружающей среды, выявление растений, способных к наибольшему пылевому захвату, минералогические особенности пылевых выпадений.

В ходе данного исследования были выявлены особенности минералогического состава пылевых выпадений методом электронной растровой микроскопии с приставкой для микроанализа поверхности листьев тополя, яблони, клена и сирени.

На поверхностях исследованных листьев в г.Томске были обнаружены частицы следующего возможного минерального состава: пирит, пирротин, халькопирит, ильменит, гематит, галенит, барит, фосфаты редкоземельных элементов, кальцит, вольфрамит, кварц, металлические микросферулы.

Возможными источниками пылевых выпадений на территории города Томск могут являться автотранспорт, предприятия машиностроения и металлообработки, топливно-энергетического комплекса, предприятия химические и фармацевтические.

На поверхности листьев в с.Калтай были обнаружены такие частицы как фосфат с высоким содержанием редкоземельных элементов, алюмосиликатные частицы, частицы с содержанием железа, калия, натрия, магния, кремния и алюминия.

Вероятными источниками твердых частиц на поверхности листьев в с.Калтай могут являться перенос пыли с почв незаасфальтированных дорог, ветровая эрозия.

В ходе исследований поверхность листьев клена была определена как наиболее подходящей для экологизации города – большее количество осажденных частиц в отличие от других исследованных листьев, а также большие их размеры (приблизительно до 22,5 микрометров).

Наличие данных частиц на поверхности листьев древесных насаждений говорит о загрязнении приземного воздуха в городе Томск твердыми частицами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anagnostatou V.A. Assessment of Heavy Metals in Central Athens and Suburbs Using Plant Material. Dissertation. –Surrey, 2008. – 45 p.
2. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. Urban green as indicator of metal pollution // 15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism. – Dinant, 2016. – P. 15 – 17.
3. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green // Science of the Total Environment. – 2016. – № 571. – P. 594 – 602.
4. Dadea C., Bacchiocchi SC., Rocca N., Mimmo T., Russo A., Zerbe S. Heavy metal accumulation in urban soils and deciduous trees in the City of Bolzano, N Italy // Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz (Forest Ecology, Landscape Research and Nature Protection). – 2016. – № 15. – P. 35 – 42.
5. Gupta G.P., Kumar B., Singh S., Kulshrestha U.C. Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi // Aerosol and Air Quality Research. – 2016. – № 16. – P. 2920 – 2932.
6. Křibek B., Majer V., Knésl I., Nyambe I., Mihaljevič M., Ettler V. Metals and arsenic in cassava: Indicators of contamination in the Zambian Copperbelt mining district // Environmental and health impacts of mining in Africa. – 2012. – P. 29 – 34.
7. Mansour. R.S. The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria // International Journal of ChemTech Research. –2014. – Vol. 6(4). – P. 2283 – 2290.
8. Rai A., Kulshreshtha K.. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants // Journal of Food, Agriculture & Environment. – 2006. – Vol. 4(1). – P. 253 – 259.
9. Sawidis T., Breuste J., Mitrovic M., Pavlovic P., Tsigaridas K. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities // Environmental Pollution. – 2011. – Vol. 159(12). – P. 3560 – 70.
10. Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city // Atmospheric Environment. – 2012. – Vol. 61. – P. 283 – 293.
11. Tasić M., Rajšić S., Tomašević M., Mijić Z., Ančić M., Novaković V., Marković D.M., Marković D.A, Lazić L., Radenković M., Joksić J. Assessment of Air Quality in an Urban Area of Belgrade, Serbia // Environmental Technologies, New Developments. – 2008. – P. 209 – 244.

12. Tomašević M., Rajšić S., Đorđević D., Tasić M., Krstić J., Novaković V. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas // *Environmental Chemistry Letters*. – 2004. – Vol. 2(3). – P.151 – 154.
13. Tomašević M., Aničić M. Trace element content in urban tree leaves and sem-edax characterization of deposited particles // *Facta universitatis - series Physics Chemistry and Technology*. – 2010. – Vol. 8(1). – P. 1 – 13.
14. Wang H., Shi H., Li Y. Leaf Dust Capturing Capacity of Urban Greening Plant Species in Relation to Leaf Micromorphology // *Water Resource and Environmental Protection*. – 2011. – P. 2198 – 2201.
15. Wang L., Gong H., Liao W., Wang Z. Accumulation of particles on the surface of leaves during leaf expansion // *Science of the Total Environment*. – 2015. – P. 420 – 434.
16. XFlash 4010 Silicon Drift Detector from Bruker AXS Inc. [Электронный ресурс] URL: <http://www.microscopy.info/news/Details/270> (дата обращения: 30.05.2017)
17. Youssef N. A., Gurbanov E. M., Hacıyeva S. R., Mammedova A., Khalilov R. I. Antioxidant enzymes, fluctuating asymmetry and morphological changes of urban trees as an ecological indicators of heavy metal stress // *International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care*. – 2013. – Vol. 3(1). – P.1 – 18.
18. Волостнов А.В. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: учебное пособие / А.В.Волостнов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 62 с.
19. География Томской области (Под ред. А. А. Земцова , — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988, — 246 с.
20. География Томской области [Электронный ресурс] URL: <http://www.tomskobl.ru/geo/> (дата обращения: 24.04.2017).
21. География Томской области [Электронный ресурс] URL: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/structure/chair/geography/u-metodika/uresurs/urb.php> (дата обращения: 24.04.2017).
22. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
23. ГОСТ 12.1.033 – 81. Пожарная безопасность.
24. ГОСТ 12.1.038-8. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
25. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работы сидя.
26. ГОСТ 21.889-76. Система "человек-машина" Кресло человека-оператора. Общие эргонометрические требования.

27. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
28. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
29. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2015 году» / глав. ред. С. Я. Трапезников, редкол.: Ю. В. Лунева, Н. А. Чатурова; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». — Томск : Дельтаплан, 2016. — 156 с.
30. Евсеева Н.С. География Томской области. Природные условия и ресурсы. Томск: ТУ, 2001. — 223 с.
31. Методические указания для выполнения раздела выпускной квалификационной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»: методические указания / Г.Ю. Боярко, О.В. Пожарницкая, В.Б. Романюк, А.А. Вазим, И.В. Шарф, М.Р. Цибульникова и др. ; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 166 с.
32. Методы электронной микроскопии [Электронный ресурс] URL: [http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/d/DVY4/Ucheb\\_rabota/Methods\\_of\\_natural\\_environments/Tab2/Методы\\_электронной\\_микроскопии.pdf](http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/d/DVY4/Ucheb_rabota/Methods_of_natural_environments/Tab2/Методы_электронной_микроскопии.pdf) (дата обращения: 10.05.2017).
33. Растровый электронный микроскоп S3400n (Hitachi) [Электронный ресурс] URL: [http://www.ckp-rf.ru/ckp/equipped/?SECTION\\_ID=490&ELEMENT\\_ID=204168](http://www.ckp-rf.ru/ckp/equipped/?SECTION_ID=490&ELEMENT_ID=204168) (дата обращения: 10.05.2017).
34. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Сухих Ю.И., Барановская Н.В., Волков В.Т., Волкова Н.Н., Архангельский В.В., Архангельская Т.А., Денисова О.А., Шатилов А.Ю., Янкович Е.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. - Томск, 2006 г. – 216 с.
35. Рождественская Л.А. Инженерно-геологические условия территории г. Томска // Основания и фундаменты зданий в условиях строительства Томска. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1977. – С. 3–17.
36. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы».
37. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
38. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

39. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2: Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1992. – 292с.
40. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7– М.: ВИЭМС, 1992. – 360с.
41. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН-92. Вып.7– М.: ВИЭМС, 1995. – 39с.
42. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция, кондиционирование.
43. Соболева Н.П. Геоурбанистика: учебное пособие / Н.П. Соболева, Ю.Л.Замятина, Н.В. Барановская, Л.В. Жорняк: Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 301 с.
44. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.
45. Физические основы рентгеноспектрального микроанализа. ЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях" при ФТИ им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург, 2010, 14с.
46. Филимоненко Е.А. Особенности минерально-вещественного состава твердофазных выпадений снегового покрова на территории г.Томска // Геология, география и глобальная энергия. – 2008. - № 3(30). – С.139-141.
47. Филимоненко Е.А., Таловская А.В., Языков Е.Г. Особенности вещественного состава пылевых атмосферных выпадений в зоне воздействия предприятия топливно-энергетического комплекса (на примере Томской ГРЭС-2) // Оценка атмосферы и океана. – 2012. - № 10. – С. 896-901.
48. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн./ Под ред. Э.К.Буренкова. – М.: Экология, 1995. – Кн.4: Главные d-элементы. – 416 с.
49. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн./ Под ред. Э.К.Буренкова. – М.: Недра, 1996. – Кн.3: редкие p-элементы. – 352 с.
50. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн./ Под ред. Э.К.Буренкова. – М.: Недра, 1994. – Кн.1: s-элементы. – 304 с.
51. Языков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Языков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.
52. Языков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 276с.