

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»

Кафедра геоэкологии и геохимии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Омска по результатам изучения почв и листьев тополя	

УДК 504:550.4-047.37(571.13)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ51	Губина Ксения Александровна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Цибулькикова М.Р.	К.Г.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ГЭГХ	Язиков Е.Г.	д.г.-м.н., профессор		

Запланированные результаты обучения по программе «Экология и природопользование»

К моменту окончания ВУЗа, выпускник, обучающийся по ООП «Экология и природопользование», обладает следующими профессиональными и общекультурными компетенциями:

1) применение глубоких базовых и специальных, естественнонаучных и профессиональных знаний в профессиональной деятельности для решения задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды;

2) разработка природоохранных мероприятий, практических рекомендаций по охране природы и обеспечению устойчивого развития, проведение оценки воздействия планируемых сооружений на окружающую среду, диагностирование проблем охраны природы;

3) организация и проведение экологической экспертизы различных видов проектных заданий, осуществление экологического аудита любых объектов, владение основами проектирования;

4) эффективная индивидуальная и коллективная работа в качестве члена и руководителя группы, демонстрация ответственности за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации;

5) активное владение иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды;

6) самостоятельное обучение и непрерывное повышение квалификации в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
Уровень образования: магистратура
Кафедра геоэкологии и геохимии
Период выполнения: весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	26.05.2017 г.
------------------------------------------	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13.03.2017	1. Литературный обзор ранее проведенных исследований	5
27.03.2017	2. Методика и методы исследований	5
3.04.2017	3. Характеристика территории г. Омска	5
5.05.2017	4. Геохимические особенности почв и листьев тополя	5
15.05.2017	5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
22.05.2017	6. Социальная ответственность	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Жорняк Л.В.	к.г.-м.н., доцент		6.03.2017 г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Язиков Е.Г.	д.г.-м.н., профессор		6.03.2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
Кафедра геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ51	Губиной Ксении Александровне

Тема работы:

Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Омска по результатам изучения почв и листьев тополя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 10.03.2017 г., № 1556/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	26.05.2017 г.
------------------------------------------	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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 и фондовые материалы, результаты собственных научных исследований (пробы почв и листьев тополя, отобранные на территории г.Омска и в районах расположения промышленных предприятий).
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор литературы по уровням накопления химических элементов в городских почвах и листьях тополя; изучение геохимических особенностей почв и листьев тополя; оценка содержания ртути в пробах почв и листьев тополя исследуемой территории.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Результаты ранее проведенных работ, карта-схема опробования, геохимические особенности почв и листьев тополя на территории г. Омска (карты пространственного распределения элементов).</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Цибульников М.Р.
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Раздел на английском языке	Матвеев И.А.
<p>Название раздела, который должен быть написан на иностранном языке:</p>	
<p>Приложение А</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>6.03.2017 г.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Жорняк Л.В.	к.г.-м.н., доцент		6.03.2017 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ51	Губина Ксения Александровна		6.03.2017 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ51	Губиной Ксении Александровне

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ГЭГХ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.06 «Экология и природопользование»

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Планирование и формирование бюджета научных исследований	1) Техничко-экономическое обоснование проведения работ; 2) Линейный график выполнения работ
----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1) Линейный календарный график выполнения работ
- 2) Карта-схема отбора проб почв и листьев тополя

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	7.03.2017 г.
------------------------------------------------------	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Цибульникова М.Р.	к.г.н, доцент		07.03.2017 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ51	Губина Ксения Александровна		07.03.2017 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ51	Губиной Ксении Александровне

Институт	природных ресурсов	Кафедра	ГЭГХ
Уровень образования	магистратура	Направление	05.04.06 «Экология и природопользование»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объекты исследования - почвы и листья тополя, отобранные на территории г. Омска. Предмет исследования - концентрации химических элементов в данных объектах. Область применения - проведение оценки эколого-геохимического состояния г. Омска, путем выявления ореолов с повышенными содержаниями химических элементов, установления причин их возникновения и разработки мер, направленных на улучшение экологической ситуации города.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Профессиональная социальная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	<ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей микроклимата в помещении; - превышение уровней шума; - превышение уровней вибрации; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - электрический ток; - пожароопасность.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - воздействие объектов исследования (почв и листьев тополя) на

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>окружающую среду;</p> <ul style="list-style-type: none"> - воздействие процесса исследования объекта в лабораторном помещении на окружающую среду; - обоснование мероприятий по защите окружающей среды.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> - анализ ЧС, которые может инициировать объект исследований; - анализ ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований; - план действий по предупреждению и ликвидации ЧС, вызванной возникновением пожара в лаборатории.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - приведение правовых норм, регламентирующих деятельность исследователя в лаборатории; - описание основных требований безопасности, предъявляемых к лаборатории; - описание эргономики рабочего места.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	6.03.2017 г.
------------------------------------------------------	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Кырмакова О.С.			6.03.2017 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ51	Губина Ксения Александровна		6.03.2017 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра 199 с., 53 рис., 47 табл., 163 источника.

Ключевые слова: городские почвы, листья тополя, промышленные предприятия, геохимические особенности, концентрация химических элементов.

Объектом исследования являются городские почвы и листья тополя на территории г. Омска.

Цель работы – оценка эколого-геохимического состояния территории г. Омска по результатам изучения почв и листьев тополя.

В процессе исследования проводился обзор литературы по теме, отбор проб почв и листьев тополя в районе исследования, лабораторные исследования, анализ и обработка полученных данных.

В результате исследования изучен геохимический состав почв и листьев тополя, выполнено экологическое зонирование территории, сделаны выводы по результатам исследований.

Область применения: использование полученных результатов для постановки более детальных работ по исследованию данной территории, а также практический интерес для специалистов экологов, геоэкологов и смежных направлений.

Экономическая эффективность/значимость: полученные научные результаты могут быть использованы на практике при обосновании более детальных работ на данной территории и разработке рекомендаций по природоохранным мероприятиям.

Список сокращений:

СПЗ - суммарный показатель загрязнения;
ПДК - предельно-допустимая концентрация;
ОНПЗ - Омский нефтеперерабатывающий завод;
КРК - Кировская районная котельная;
ОЛМЗ - Омский литейно-механический завод;
СЗМИ - Сибирский завод металлоизделий;
ОЗДТ - Омский завод деталей трубопроводов;
ОСЗ - Омский стекольный завод;
ТЭЦ - теплоэлектроцентраль;
ОЭМЗ - Омский электромеханический завод;
ОЗМИ - Омский завод металлоизделий;
РЗЭ - редкоземельные элементы;
НАЦ - научно-аналитический центр.

Оглавление:

Введение	13
1 Литературный обзор ранее проведенных исследований	18
1.1 Городские почвы как объект изучения	18
1.2 Растительность как объект изучения	28
2 Методика и методы исследований	35
2.1 Методика работ. Отбор проб и пробоподготовка	35
2.2 Методы аналитических исследований	40
2.2.1 Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	41
2.2.2 Атомно-абсорбционный анализ ртути	42
2.2.3 Инструментальный нейтронно-активационный анализ	44
2.3 Методика обработки данных	47
3 Характеристика территории г. Омска	50
3.1 Физико-географическая характеристика	50
3.2 Геоэкологическая характеристика	56
4 Геохимические особенности почв и листьев тополя	65
4.1 Геохимические особенности почв	65
4.1.1 Геохимические особенности фоновых почв	65
4.1.2 Геохимические особенности почв г. Омска	67
4.1.3 Геохимические особенности почв районов расположения промышленных предприятий	91
4.1.4 Особенности распределения ртути в почвах	98
4.2 Геохимические особенности листьев тополя	102
4.2.1 Биогеохимический фон	103
4.2.2 Геохимические особенности листьев тополя г. Омска	104
4.2.3 Особенности распределения ртути в листьях тополя	126
4.3 Экологическое зонирование г. Омска по данным литогеохимической и биогеохимической съемки	130
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	138
5.1 Технико-экономическое обоснование работ	138
5.2 Расчет нормативной продолжительности выполнения работ	140
5.3 Нормативная база для расчета сметы на выполняемые работы	146
5.4 Расчет сметной стоимости работ	147
6 Социальная ответственность	153
6.1 Профессиональная социальная безопасность	153
6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	154
6.1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от	157

действия опасных и вредных факторов	
6.2 Экологическая безопасность	158
6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	158
6.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	159
6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	159
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	159
6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	159
6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	159
6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС	160
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	161
6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	161
6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	162
Выводы	163
Список публикаций студента	166
Список использованных источников	168
Приложение А	

Введение

Интенсивный процесс урбанизации обусловил ряд экологических проблем, связанных с ухудшением качества городской среды, это отражается на состоянии атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвенного и растительного покровов – главных компонентов экосистемы любого города.

В ходе осуществления производственной деятельности человек неизбежно оказывает воздействие на природную среду, способствуя при этом трансформации всех ее компонентов путём привнесения или возникновения в них новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов, в результате чего происходит превышение их естественного уровня и возникновение негативных последствий как для здоровья человека, так и для окружающей среды в целом.

Главными источниками загрязнения природной среды являются автотранспорт и промышленные предприятия, деятельность которых сопровождается, прежде всего, образованием отходов производства и осуществлением выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

При этом наиболее интенсивному воздействию подвергается почвенный покров, который является депонирующей средой, несущей в себе долговременную информацию о техногенном воздействии и обладающий способностью накапливать вредные вещества.

Кроме того, почва, представляя собой основу среды обитания растений и вступая в тесные обменные процессы с ними, является источником поступления ряда опасных химических элементов в различные части растений, в том числе и листья. Помимо этого, непосредственно листья растений обладают высоким биоиндикационным потенциалом, поскольку способны поглощать из атмосферного воздуха через устьица большое

количество токсичных компонентов, и тем самым позволяют оценить геохимическую обстановку территории путём их исследования.

Загрязненные городские почвы и растения (листья тополя) ухудшают общую экологическую обстановку города, что также отражается на состоянии здоровья населения.

Для проведения оценки загрязнения городских почв чаще всего учитывают лишь токсичные элементы 1, 2 и 3 классов опасности, указанные в ГОСТ 17.4.1.02-83 [28]. Однако, помимо упомянутых, очень важно оценивать концентрации не только токсичных элементов, но и тех, для которых класс опасности не определен (радиоактивные, редкие, в т.ч. редкоземельные элементы).

Территория города Омска характеризуется высокой степенью техногенной нагрузки, поскольку в непосредственной близости от жилых районов города сосредоточены крупные промышленные узлы, включающие преимущественно экологически опасные производства. Промышленность города представлена предприятиями нефтехимической, топливно-энергетической, машиностроительной и металлообрабатывающей, строительной, легкой и иными отраслями производства.

При этом одними из существенных предприятий - загрязнителей города в топливно-энергетической отрасли являются ТЭЦ-4, ТЭЦ-5, Кировская районная котельная; среди предприятий нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности - Омский нефтеперерабатывающий завод, ПАО «Омский каучук», ПАО «Омскшина», ООО «Омский завод технического углерода»; среди предприятий машиностроительной отрасли - ПО «Полёт», ООО «Омский трубный завод «Петал», и другие.

Ранее проведенные исследования на территории города Омска свидетельствуют о наличии повышенных концентраций ряда химических элементов в районах расположения промышленных предприятий. Однако,

при этом проводилось определение спектра химических элементов, ограниченного лишь элементами 1, 2 и 3 класса опасности.

Биогеохимические исследования на территории города Омска не проводились, а имеющаяся информация о геохимических особенностях почв является недостаточно современной и полной, в связи с чем необходимо проведение детального опробования почв и листьев тополя в районах расположения и в зонах влияния крупнейших промышленных предприятий, а также проведение площадной съемки по всей территории города.

Объектом наблюдений и исследований являются городские почвы и листья тополя территории города Омска.

Предмет наблюдения – концентрации различных химических элементов в городских почвах и листьях тополя.

Цель работы: оценка эколого-геохимического состояния территории г. Омска по результатам изучения почв и листьев тополя.

Задачи:

- 1) провести обзор литературы по ранее проведенным исследованиям;
- 2) произвести детальное опробование почв и листьев тополя в районах расположения промышленных предприятий и площадное опробование на территории города, а также на фоновой территории, выполнить их пробоподготовку;
- 3) определить химический состав отобранных проб почв и листьев тополя и выявить их геохимические особенности по сравнению с фоновыми и литературными данными;
- 4) выполнить экологическое зонирование г. Омска по данным литогеохимической и биогеохимической съемки.

Фактический материал и методы исследований. В основу магистерской диссертации положены результаты исследований, выполненные лично автором в 2014-2017 гг. на базе лабораторных и учебных

помещений кафедры ГЭГХ ТПУ, научно-аналитического центра (НАЦ) ТПУ и исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ.

Работа основана на результатах анализов 75 проб почв и 33 проб листьев тополя, отобранных в районах расположения промышленных предприятий на территории г. Омска, в том числе отобраны 3 пробы почв на условно фоновой территории (п. Любинский), расположенной в 47 км от г. Омска.

В процессе исследования выполнено количественное определение элементов атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой на базе научно-аналитического центра (НАЦ) ТПУ, а также инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ.

Определение ртути в почвах и листьях тополя с помощью атомно-абсорбционного анализа выполнено в учебно-научной лаборатории Международного инновационного образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ.

Личный вклад автора заключается в самостоятельном отборе и подготовке к аналитическим исследованиям проб почв и листьев тополя, определении концентраций ртути в пробах и статистической обработке полученных результатов.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на XIX, XX, XXI Международных симпозиумах им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2015-2017), на VIII Всероссийской научной студенческой конференции имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных - шаг в будущее» (Томск, 2015).

Благодарности: автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, доценту, кандидату геолого-минералогических наук Жорняк Лине Владимировне и научному консультанту, доценту, кандидату геолого-минералогических наук Юсупову Дмитрию Валерьевичу.

Автор признателен исполнителям аналитических исследований: А.Ф. Судыко, Л.В. Богутской, Л.А. Костиковой, аспиранту Ю.А. Карпенко.

За помощь, ценные советы и рекомендации автор приносит благодарность сотрудникам кафедры ГЭГХ: д.г.-м.н. Е.Г. Языкову, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову, д.б.н. Н.В. Барановской, к.х.н. Н.А. Осиповой, к.г.-м.н. И.С. Соболеву, к.г.-м.н. А.В. Таловской.

1 Литературный обзор ранее проведенных исследований

1.1 Городские почвы как объект изучения

Сосредоточение на территории крупных городов предприятий различных отраслей промышленности способствовало возникновению актуальной в наши дни проблеме загрязнения окружающей среды. Почва, представляя собой один из основных компонентов природной среды, в результате негативного антропогенного воздействия способна аккумулировать в себе большое количество химических элементов.

Впервые, понятие городские почвы, введено J. Vockheim (США) в 1974 г [69]. В дальнейшем определение модифицировалось, и под понятием «городские почвы» подразумевались почвы, имеющие созданный человеком поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный в результате перемешивания, насыпания, погребения или загрязнения материалами урбаногенного происхождения [87].

На относительно небольшой площади города сосредоточено значительное количество источников загрязнения почв, представленных промышленными предприятиями, транспортом, бытовыми отходами и другими источниками.

Изучением и анализом содержаний различных химических элементов в компонентах природной среды, в том числе и почвах, занимались многие исследователи. Наиболее значимый вклад в развитие темы внесли В.И. Вернадский [14]; А.П. Виноградов [17]; В.В. Ковальский [49]; А.И. Перельман [68]; М.А. Глазовская [22]; А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас [42]; В.В. Добровольский [35] и многие другие.

Генетическая классификация и номенклатура естественных почв СССР и Мира в разные годы разрабатывалась различными деятелями, но наиболее логичная из всех существующих классификация разработана И.И. Лебедевой и соавторами, согласно данной классификации городские почвы относят к классу химически преобразованных антропоземов [52].

В середине 70-х годов произошло развитие вопроса и написание публикаций, тематикой которых выступало загрязнение почв тяжелыми металлами по результатам исследований различных авторов [98].

Характерной способностью почвы является поглощение и удерживание ионов тяжелых металлов, в связи с чем присутствие повышенных содержаний тяжелых металлов, не свойственных незагрязненным почвам, свидетельствуют о наличии современных процессов загрязнения почв или имевших место в прошлом [51].

Накопление экспериментальных данных о содержании тяжелых металлов в почвах связано со стремительными темпами роста техногенной нагрузки на различные компоненты биосферы, в том числе и почву. Ряд авторов в своих трудах отражал вопросы определения средних содержаний ряда химических элементов в различных типах почв. К таким авторам можно отнести Мальгина и др., 1996 [57]; Безносикова и др., 2007 [10] и других.

С целью проведения оценки химического загрязнения почв разработаны нормативы ПДК - предельно-допустимая концентрация, которые определяют предельные содержания химических веществ в почвах, являющиеся безопасными для человека. При установлении ПДК учитывается лимитирующий признак вредности (санитарно-токсикологический, общесанитарный или органолептический), при этом не учитываются региональные особенности почв.

Вопросы разработки ПДК химических веществ отражены в трудах таких авторов, как П.В. Елпатьевский [36], В.Б. Ильин [39] и других.

Загрязнению почв на территории Томской области и г. Томска посвящены работы разных исследователей (Пашнева и др., 1978 [67]; Л.П. Рихванов, 1997 [71]; Е.Г. Язиков, 2006 [104]; Л.В. Жорняк, 2009 [103]).

Загрязнение почв городов тяжелыми металлами находит свое отражение в публикациях ряда российских авторов: Большаков и др., 2002 [11]; Добровольский, 2003 [35]; Панин, 2009 [66]; М.В. Дабахов и др., 2014.

Поведение тяжелых металлов в почве зависит от ее состава и свойств, в том числе от буферной способности. Наибольшей подвижностью тяжелые

металлы обладают в кислых почвах, поскольку в кислой среде слаборастворимые окислы металлов и фосфаты переходят в ионную форму, легко усваиваемую растениями.

Известно, что городские почвы в абсолютном большинстве являются искусственными образованиями, существенно отличающиеся от природных аналогов. Городским почвам свойственны деформированная структура и особый порядок расположения горизонтов, высокая щебнистость, низкое содержание органического материала. Для них характерна также переуплотненность поверхностных слоев, возникающая в результате высоких механических и динамических нагрузок.

Деятельность промышленных предприятий сопровождается осуществлением выбросов больших объемов пыли, которая содержит в себе как тяжелые металлы, так и другие загрязняющие вещества, оседающие в дальнейшем на верхние слои городских почв.

Зачастую присутствие в воздухе относительно невысоких концентраций взвешенных веществ способствует процессам накопления большого количества вредных компонентов. В связи с этим ореол воздействия промышленных предприятий, который достигает размера в несколько километров, характеризуется аномально высокими содержаниями химических элементов, превышающими ПДК, ОДК и фоновые концентрации.

В результате ухудшается не только качество почв, но и других компонентов природной среды (поверхностных и подземных вод, растительности), поскольку почва может являться дополнительным источником загрязнения.

В то же время, открытые участки загрязненных почв могут выступать в качестве мощного источника вторичного загрязнения атмосферного воздуха. Поступление металлов в воздушный бассейн города в результате деятельности промышленных предприятий, способствует возникновению геохимических аномалий различного масштаба.

Первоначально техногенные ореолы рассеяния возникают в районах расположения отдельных промышленных предприятий (примерно в зоне 0,5 км), однако, в дальнейшем их обширная концентрация может возникать на расстоянии 2-3 км и более от источника воздействия. Дальность переноса тяжелых металлов от локальных источников загрязнения в воздушно-миграционных потоках может достигать 10-15 км [38].

Кроме промышленных предприятий, в качестве дополнительного источника загрязнения городских почв выступает автотранспорт, с которым связывают увеличение содержаний в почве таких химических элементов, как Pb, Cd, Cr и Ni.

Основной состав городской пыли формируется на основе выбросов, которые осуществляются тепловыми электростанциями, предприятиями металлообрабатывающей отрасли промышленности и строительной индустрии.

Изучением геохимических особенностей почвенного покрова города Омска занимались Е.Н. Трошина - автор диссертации на тему «Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха и почв г. Омска тяжелыми металлами» [94]; А.Л. Мельников - автор монографии «Экология почв территории города Омска», 2006; К.В. Майер и Ю.А. Азаренко - авторы статьи «Оценка загрязнения почв металлами (Pb, Cd, Cu, Zn) в зоне влияния ТЭЦ-5 города Омска».

В рамках экологического мониторинга, проводимого на территории г. Омска в 2006—2007 гг. Е.Н. Трошиной, исследованы пробы почвы на содержание тяжелых металлов [94].

Экологический мониторинг почв проводился в 120 точках на территории г. Омска с осуществлением привязки к функциональным зонам: жилая зона, детские учреждения, зоны санитарной охраны водоемов, рекреационные зоны, транспортные магистрали, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, почвы сельхозугодий, фоновая площадка.

Суммарный выброс твердых веществ по г. Омску составляет примерно 25 % выбросов от всех стационарных источников. Не металлургические производства, а именно процесс сжигания угля является главным источником поступления в биосферу многих металлов. В угле и нефти присутствуют все металлы. Выбросы в атмосферу при сжигании топлива имеют особое значение.

Экологический мониторинг проводился с целью определения концентраций в почвах титана, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, меди, цинка, мышьяка, стронция и свинца.

Для всех округов города установлено превышение ПДК по содержанию хрома в почвах, максимальные превышения установлены в Советском и Центральном административных округах. В пределах функциональных зон не было установлено статистически значимых различий содержания хрома в городских почвах.

Для всех административных округов установлен факт превышения ПДК для кобальта, максимальное значение данного показателя наблюдается на территории Центрального округа (4,1 ПДК).

Особая ситуация сложилась с содержанием в почвах г. Омска таких элементов, как мышьяк и свинец. В пределах функциональных зон не было установлено статистически значимых различий содержания мышьяка в городских почвах. Однако, для свинца установлены статистически значимые различия содержания в пробах почв, отобранных в пределах детских учреждений и в зоне жилой застройки. При этом содержание свинца в зоне жилой застройки статистически значимо не отличалось от содержания данного металла в пробах, отобранных в санитарно-защитных зонах и вблизи автомагистралей [94].

Повышенные содержания в почве соединений свинца может быть обусловлено близким расположением исследуемых зон к транспортным магистралям, а также многолетним использованием (до 2003 г) в качестве антидетонационной присадки к бензину тетраэтилсвинца. Максимальное

содержание свинца установлено в почвах, отобранных в пределах санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Превышение фоновых содержаний установлено для ванадия (в 1,2 раза), хрома (в 1,1 раза), железа (в 1,1 раза), кобальта (в 1,6 раза), меди (в 2,1 раза), цинка (в 1,4 раза). Для титана не определены ПДК и ОДК, в связи с чем проводилось сравнение полученных данных с фоновыми значениями. Максимальное превышение фоновых значений установлено для Кировского административного округа (в 1,1 раз выше фоновых содержаний).

Факт превышения ПДК для ванадия превышения не был установлен, однако, все административные округа города характеризуются средними значениями выше фоновых (максимальное превышение в Кировском административном округе - 1,4). Максимальные концентрации ванадия также установлены в районах санитарно-защитных зон ($91,8 \pm 43,1$ мг/кг). Для марганца незначительное превышение фонового значения установлено на территории Октябрьского административного округа, при этом все средние концентрации по округам не превышают ПДК. Максимальные концентрации наблюдаются в лесопарковой зоне ($950,0 \pm 168,3$ мг/кг).

Повышенные содержания железа в почвах относительно фоновых значений установлены во всех административных округах, за исключением Советского, максимальное превышение - в Кировском административном округе (в 1,3 раза). Максимальные концентрации железа отмечены в пробах почв санитарно-защитных зон промышленных предприятий ($36983,8 \pm 6543,6$ мг/кг).

Содержание никеля в исследуемых почвах не превышало ПДК и фоновых значений. Максимальные концентрации никеля установлены в пробах почв, отобранных в пределах санитарно-защитных зон промышленных предприятий ($45,2 \pm 18,8$ мг/кг).

Повышенные содержания меди в почвах относительно фоновых значений установлены для всех административных округов (в 2,1-2,2 раза),

однако превышений ПДК не отмечается. Максимальное содержание меди характерно для почв зоны жилой застройки ($49,7 \pm 36,4$ мг/кг).

Повышенные содержания цинка относительно фоновых значений установлены для всех административных округов, максимально - в Ленинском административном округе (в 1,9 раза), при этом фактов превышения ПДК не установлено. Максимальные значения цинка отмечаются в почвах жилых застроек ($134,8 \pm 75,5$ мг/кг).

Содержания стронция в почвах не превышают фоновых значений для административных округов Омска. Максимальное содержание стронция установлено в почвах зоны игровой площадки (189,2 мг/кг).

Рассчитанный суммарный показатель загрязнения тяжелыми металлами территории г. Омска составляет $Z_c = 5,98$ ед. По степени опасности почвы обследованных территорий Омска относятся к категории «допустимые», т. е. для большинства случаев содержание компонента тяжелых металлов превышает фоновое, но не больше ПДК [94].

Центром по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» установлены повышенные содержания мышьяка, свинца, титана, хрома и пониженные содержание ванадия, марганца, железа, никеля, кобальта, меди, цинка и стронция в почвах г. Омска (таблица 1.1).

Приоритетными загрязняющими веществами почв территории города Омска являются хром, кобальт, мышьяк, медь, цинк, ванадий и железо [94].

Таблица 1.1–Валовое содержание тяжелых металлов в почве на территории Омска в 2006-2007 гг. (мг/кг) [94]

Элемент	ПДК/ОДК	Фоновое	Среднее
Титан	-	5451,5	5161,6
Ванадий	150	51,7	61,3
Хром	6	85,2	93,3
Марганец	1500	887,2	810
Железо	-	28187,3	30615,5
Кобальт	5	10,0	16,7
Никель	80	38,4	35,0

Продолжение таблицы 1.1

Медь	132	20,0	44,3
Цинк	220	59,1	100,2
Мышьяк	2	10,0	10,5
Стронций	-	171,7	159,7
Свинец	32	27,5	31,8

Изучением геохимии редких, редкоземельных и естественных радиоактивных элементов в природных почвах занимались В.И. Баранов, Н.Г. Морозова, К.Г. Кунашева, Г.И. Григорьев. Результаты исследований по содержанию редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в почвах г. Томска и Томской области приведены в работах Л.П. Рихванова [71]; Е.Г. Язикова [104]; В.В. Архангельского [4]; Жорняк Л. В. [103].

Говоря о содержании редкоземельных элементов в почвах, установлен факт адсорбции La, Y, Pr и Gd, которая зависит от pH и почвенной катионной обменной емкости, а доступность La, Ce, Gd и Y увеличивается с уменьшением pH и окислительно-восстановительного потенциала.

Содержание РЗЭ в почвах в основном зависит от исходного материала, уменьшаясь следующим образом: гранит > базальт > песчаник. Почвы, образовавшиеся из магматических пород, сланцев и песчаников, как правило, содержат больше РЗЭ по сравнению с почвами, полученными из других материалов. Повышенное содержание РЗЭ в районах, подверженных антропогенным изменениям, обычно является результатом применения сельскохозяйственных удобрений. Однако такие факторы окружающей среды, как дождь, снег и ветер, могут вносить свой вклад в это содержание, главным образом в районах, близких к крупным промышленным объектам [148].

Ранее проблема содержания ртути в городских почвах освещалась рядом исследователей и отражена в их трудах. Оценка загрязненности ртутью почв г. Москвы проведена К.В. Корчагиной [50]; содержание ртути в почвенном покрове г. Иркутска описано в статье В.Г. Халбаева и др. [99]; В.М. Катола описал закономерности распределения содержаний ртути в

атмосфере и почвах г. Благовещенска [46]; С.Г. Скугоревой и др. изучено содержание ртути в компонентах природной среды вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината г. Кирова [79]. Результаты исследований по оценке содержания ртути в почвах на территории г. Томска отражены в публикациях Л.П. Рихванова и др. [70]; Е.Е. Ляпиной [55]; Е.Г. Язикова и др. [103].

Содержание ртути в почвах ряда городов Сибири варьирует в различных диапазонах. Так, для г. Иркутск оно составляет 0,095 мг/кг, для Якутска - 0,042 мг/кг, а для Новосибирска - 0,075 мг/кг [23].

Данная проблема актуальна и для зарубежных стран, где содержание ртути в городских почвах является предметом научного интереса различных исследователей. Так, содержание ртути исследовано в городских почвах Италии (г. Палермо) [135], Китая (на примере г. Шанхай [147], г. Пекин [156], городского округа Уху [123]), Португалии (г. Авейро [144]), . В ходе литературного обзора выявлены статьи, изучающие источники, обуславливающие поступление ртути в почвы на испанских островах [139,145]. Содержание ртути в поверхностном слое почв г. Быдгощ (Польша) варьирует в пределах от 0,052 до 0,29 мг/кг [118].

Помимо российских авторов, в целом изучением геохимических особенностей почв занимаются и зарубежные исследователи. Так, к примеру, исследованы особенности почв Швеции (2001), Великобритании (1997), Нигерии (2003), (A. Alriksson, L.C. Smith, B.E. Davies, D.W. Beilman, A. Argyraki, E. Kelepertzis, S.O. Fakayode).

В результате анализа научно-исследовательских работ иностранных авторов выявлены спектры химических элементов, характерных для различных производственных отраслей.

В городских почвах, как правило, содержатся высокие концентрации Cu, Pb, Zn (используется в шинах), главным источником которых является автотранспорт, в связи с чем ореолы повышенных значений данных элементов локализуются вблизи крупных дорог. Повышенные содержания Zn

также наблюдаются в городской среде на участках с расположением железных дорог.

Еще одним характерным элементом является Ba, поскольку он добавляется к дизельному топливу для уменьшения выбросов сажи и поступает в окружающую среду с выхлопными газами.

В последнее время Se используется в качестве катализатора в дизельном топливе [154].

Металлоплавильная деятельность приводит к антропогенному загрязнению городских почв As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se и Zn, часто регистрируются вблизи плавильных печей и другие элементы, такие как Au, Bi, F, Mo, Sn, Tl, W в зависимости от типа плавильного завода.

Атмосферные загрязняющие вещества, связанные с электростанциями, включают Ag, Cd, Cu, Ga, Ge, Hg, Pb, Sb, Se и Zn, поэтому в городских почвах вблизи угольных электростанций могут быть повышены содержания Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni и Zn. Летучая зола с электростанций содержит концентрированные уровни As, B, Be, Cd, Cu, Mo, Ni, Sb, Se, Te, V.

Функционирование химических заводов и нефтеперерабатывающих заводов способствуют аккумуляции широкого спектра вредных веществ в городских почвах.

Потенциальные загрязнители от химических работ включают Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sn и Zn. Нефтеперерабатывающие заводы и производство нефтепродуктов являются потенциальными источниками As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V и Zn, тогда как катализаторы крекинга нефти признаны источниками легких редкоземельных элементов.

Очистка и травление голых металлических поверхностей в процессах металлической отделки и нанесения покрытий являются основными источниками Cd, Cr, Cu, Ni и Zn.

При производстве аккумуляторов могут образовываться отходы, богатые Cd, Hg, Ni, Sb и Zn.

В сточных водах, получаемых от производителей красок и красящих веществ, часто присутствуют повышенные концентрации Cd, Cr, Cu, Hg, Pb и Se.

Отходы электрической и электронной промышленности могут содержать Cd, Cu, Pb, Se и Zn, тогда как Cd, Pb, Sn и Zn используются в производстве синтетических каучуков и пластмасс в качестве стабилизаторов и пигментов. Для стекольной и керамической промышленности специфичными элементами являются Co, Cr, Cu, Mo, Pb, Se [152].

Таким образом, имеющиеся литературные данные о загрязнении городских почв тяжелыми металлами, в основном касаются небольшого перечня элементов: Pb, Zn, As, Cd, Cr, Co, Cu.

Публикации, где оценены содержания широкого перечня элементов в почвах городских территорий (особенно радиоактивных, редких, в т.ч. редкоземельных элементов) встречаются редко, а на территории г. Омска данные элементы в почвах не определялись. В связи с этим тема исследований данной магистерской диссертации весьма актуальна.

1.2 Растительность как объект изучения

С ростом техногенной нагрузки на окружающую среду возникает необходимость оперативного контроля состояния природных геосферных оболочек Земли. Удобной основой для формирования новой методики комплексного анализа геоэкологического состояния территорий могут служить биогеохимические индикаторы.

Для выполнения комплексной работы и анализа полученной геохимической информации, проведен обзор литературных данных и исследований по содержанию химических элементов в листьях тополя, осуществленных исследователями из разных регионов нашей страны.

Основоположником биогеохимической концепции биосферы, несомненно, является В.И. Вернадский, в 1930-х годах он выделил биосферу, как отдельную оболочку Земли, а так же открыл новое научное направление – биогеохимию. Биогеохимия занимается изучением миграции различных

химических элементов в живом веществе и выявлением закономерностей этих миграций [13].

После своего становления, биогеохимия развивалась на протяжении всего времени и развивается сегодня. Можно выделить ряд учёных, которые внесли наибольший вклад в развитии этого направления науки: А.П. Виноградов, В.В. Добровольский, А.Л. Ковалевский, А.И. Перельман, В.В. Поликарпочкин и др., за рубежом - С. Палмквист, Н. Брундин, Г.В. Уоррен, Х.Л. Кэннон, Р.Р. Брукс и др.

А.П. Виноградов проводил исследования по химии моря и морских организмов, изучал содержания и распределения в почвах 40 редких и рассеянных элементов [16].

В.В. Добровольский является известным учёным в области изучения геохимии суши (природных зон, почвы и др.), создателем основополагающих биогеохимических принципов [35]. Он проводил свои исследования не только в России и ближнем зарубежье, но так же и в ряде тропических стран. Большой интерес представляют его работы по выяснению закономерностей биогеохимии рассеянных элементов высотных поясов.

А.Л. Ковалевский занимался изучением биогеохимии растений для поисков рудных месторождений [48]. А А.И. Перельман известен своими трудами в области миграции химических элементов. Он занимался исследованием геохимии ландшафтов, а так же является основоположником теории геохимических барьеров [68].

Развитие биогеохимических методов изучения изменений, происходящих в биосфере, отражается в работах многих авторов (Орлов, Безуглова, 2000 [65]; Башкин, 2004 [9]; Леонова и др, 2005 [53]).

Высшие растения активно применяются для мониторинга различных видов загрязнения на протяжении последних 40-50 лет, из них более 30 лет для оценки состояния и мониторинга загрязнения почв и атмосферного воздуха на урбанизированных территориях.

При выборе биогеохимического индикатора учитываются следующие характеристики: широкое географическое распространение, относительная простота аналитической работы, устойчивость к негативному антропогенному воздействию.

Указанными характеристиками на территории Сибири обладает тополь и в настоящее время активно используется в эколого-геохимических исследованиях в силу его относительно высокой способности к накоплению загрязняющих веществ и интенсивному изменению элементного состава листы при изменении техногенной нагрузки.

Данный род растений характеризуется большой площадью поверхности листьев кроны, достаточной устойчивостью против дыма и газов, за счет чего встречается даже в высоко урбанизированных регионах и вблизи промышленных предприятий. Лист тополя достаточно крупный, расположен чаще горизонтально, его поверхность покрыта воском и ворсинками, что способствует процессу осаждения загрязняющих веществ из воздуха.

Кроме того, данное растение характеризуется широким распространением корневой системы, что обеспечивает поступление загрязняющих веществ, аккумулированных в почвах зоны аэрации и грунтовых водах. Объектом изучения является микроэлементный состав листьев, дающий интегральный сигнал о состоянии природных геосферных оболочек [5].

Изучение содержания тяжелых металлов в листьях тополей проводилось многими исследователями. Т.М. Майманова и др., (2007) в своей статье «Содержание тяжелых металлов в листьях тополей, растущих вдоль Чуйского тракта» отразили результаты изучения особенностей накопления тяжелых металлов в листьях молодых и старых тополей, растущих вдоль Чуйского тракта. Данная территория представляет собой интерес в связи с повышением экологической напряженности района, обусловленной развитием туризма в республике Алтай.

В ходе проведения исследований выявлено повышенное содержание кадмия, свинца, меди. Наибольшее содержание тяжелых металлов обнаружено в немых листьях [56].

В работах А.Р. Ялалтдиновой и др., (2014) описано влияние выбросов промышленных предприятий в городе Усть-Каменогорск, проявляющееся в изменении элементного состава листьев тополя. По результатам анализа получены концентрации 28 химических элементов в 101 пробе золы листьев тополя [106].

Проведенный исследователями анализ разброса минимальных и максимальных значений относительно среднего позволил дать первичную оценку эколого-геохимического состояния территории. Так, по незначительному разбросу можно судить о нормальном распределении Ca, Sr, La и Rb, а также близкому к нормальному для Sc, Fe, Cs, Hf. В свою очередь, неравномерное распределение имеют такие элементы, как Na, Cr, As, Ag, Sb, Nd, Eu, Tb, Ta, Au, U. Неравномерное распределение элементов, вероятно, указывает на наличие техногенного источника их поступления [105].

Статья О.А. Тимушева и др., (2011) посвящена проблеме изменения листьев тополя в результате загрязнения окружающей среды в городе Сыктывкаре [89].

Оценка влияния окружающей среды на морфометрические показатели листьев тополя, а также выявление степени их повреждения фитофагами, проведены С.Р. Имамутдиновой [40].

Эколого-геохимическая оценка территории по данным исследований почв и растительности проводилась на территории г. Улан-Батор (Н.С. Касимов и др., 2011) [45], распределение тяжелых металлов в системе «почва-растительность» изучено в пределах Калининградской области (Л.Ю. Станченко, 2009) [86].

Исследования Л.В. Ветчинниковой и др., (2013) отражают особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на

урбанизированных территориях в условиях севера. На исследуемых территориях отсутствовали локальные источники тяжелых металлов, поэтому основное их поступление, очевидно, происходило за счет атмосферных выпадений. Это в очередной раз подчеркивает повышенную чувствительность территорий Северных районов, в том числе и произрастающих там растений, к техногенному воздействию на компоненты окружающей среды [15].

Работы Д.В. Юсупова и др., (2015) посвящены геохимическим аномалиям тяжелых металлов в почвенном покрове г. Благовещенск (Амурская область), а также изучению элементного состава листвы тополя как биогеохимического индикатора промышленной специализации урбасистем на примере промышленных городов [72,102].

В статье Л.П. Рихванова и др., (2016) исследовано содержание некоторых химических элементов, в том числе редкоземельных и радиоактивных, в золе листьев тополей с целью установления природной и техногенной геохимической специализации разноплановых урбасистем с развитой транспортно-промышленной инфраструктурой. Определено содержание 28 химических элементов в представительных выборках золы листьев тополя на территории 10 городов Казахстана, юга Сибири и Дальнего Востока России. Установлены геохимические ассоциации химических элементов для городов с различной промышленной специализацией [72].

Особенно ярко геохимическая специализация городов видна при рассмотрении геохимических рядов элементов, построенных относительно средних их содержаний во всей совокупности изученных проб (таблица 1.2).
Таблица 1.2 – Элементы-индикаторы урбанизированных территорий с различной промышленной специализацией [72]

Город	Основные источники поступления аэрозолей в окружающую среду	Геохимический ряд
Тараз	Суперфосфатный завод по переработке фосфоритов	$Au_{4,0} > U_{3,8} > Th_{3,1}$
Павлодар	Алюминиевый, электролизный, ферросплавный, машиностроительный, нефтехимический заводы	$Cr_{9,2} > Au_{5,0} > Sc_{4,0}$

Продолжение таблицы 1.2

Экибастуз	Открытая разработка угля	$U_{4,0}>Br_{3,9}>Co_{3,0}$
Усть-Каменогорск	Свинцово-цинковый, титано-магнетитовый комбинаты, производство бериллиевой и танталовой продукции	$Sb_{4,9}>Ta_{4,0}>Ag_{3,7}>Na_{3,4}$
Актюбинск	Завод хромовых соединений, завод ферросплавов	$Cr_{15,2}$
Томск – Северская агломерация	Предприятия ядерно-топливного цикла, нефтехимической промышленности	$Nd_{4,2}>Sm_{3,8}>Eu_{3,8}>La_{3,4}>Lu_{3,0}$
Кызыл	Крупные промышленные предприятия отсутствуют	$Nd_{3,4}$
Краснокаменск	Горнодобывающая промышленность: добыча и первичная переработка урановых руд	$U_{6,5}>Cs_{4,9}>Th_{3,1}$
Благовещенск	Машиностроительный и судостроительный заводы, каменный и песчаный карьеры	$Nd_{3,9}>Ce_{3,8}>La_{3,7}>Tb_{3,7}>Sm_{3,6}>Lu_{3,3}>Eu_{3,3}>Th_{3,3}>Ta_{3,2}$

Содержание рассеянных элементов, в том числе и ртути, в ежегодном приросте растительности континентов рассчитано В.В. Добровольским. По Добровольскому, содержание ртути в сухой фитомассе континентов составляет 0,012 мг/кг [34].

В труде Р. Баргалы «Биогеохимия наземных растений» определено типичное содержание следовых элементов в листьях или хвое растений из слабозагрязненных районов. Так, согласно проведенным исследованиям, для ртути это значение установлено на уровне 0,09 мкг/г [8].

Исследования, направленные на установление содержания ртути в листьях тополя, проводились и в других городах Сибири.

Так, среднее содержание ртути в сухом веществе листьев тополя на территории г. Новосибирска составляет 0,061 мг/кг. Максимальное содержание ртути – 0,411 и 0,323 мг/кг установлены в двух точках, расположенных на территории Калининской промышленной зоны, одна из них - в непосредственной близости от санитарно-защитной зоны промышленной площадки ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» [102].

Среднее содержание ртути в сухом веществе листьев тополя на территории г. Новокузнецка 0,027 мг/кг. Среднее содержание ртути в сухом веществе листьев тополя вблизи г. Междуреченск составляет 0,029 мг/кг, что

может быть обусловлено влиянием угольных разрезов вблизи г. Междуреченска [102].

Кроме того, использование растений в качестве индикаторов состояния окружающей среды актуально с точки зрения накопления в них редких, редкоземельных и радиоактивных элементов, концентрация которых увеличивается в биосфере в связи с нарастающим использованием их в производстве.

Изучение содержания редкоземельных элементов в древесных растениях началось сравнительно недавно, с одной стороны, из-за отсутствия информации об их эссенциальности или токсичности, а с другой стороны, из-за отсутствия надежного чувствительного метода их определения.

Редкоземельные элементы распределяются в растениях по определенным закономерностям. У растений есть ряд особенностей, которые влияют на перераспределение РЗЭ, особенно связанные с наличием апопластических барьеров. Первоначально апопластические барьеры, расположенные в корнях, являются первыми препятствиями для того, чтобы эти элементы достигли ксилемы, тем самым нарушая их перемещение к оставшимся органам растений. В связи с этим содержание РЗЭ в различных органах растений следует последовательности: корни > стебли > листья > цветы > плоды > семена.

Поглощение РЗЭ происходит также через листья. В этих условиях апопластические барьеры продолжают работать как препятствия для перемещения этих элементов в разные части растения. Однако в этом случае распределение этих элементов следует порядку: листья > стебли > корни > цветы > плоды > семена, в связи с чем листья являются подходящим объектом для определения содержания РЗЭ в растениях [148].

На территории города Омска исследования, направленные на изучение элементного состава растительности, в том числе и листьев тополя, ранее никем не проводились, поэтому данная тематика исследований вызывает научный интерес и является актуальной.

2 Методика и методы исследований

2.1 Методика работ. Отбор проб и пробоподготовка

Для проведения научного исследования в середине лета 2014 года отобрано 45 проб почв в районах расположения промышленных предприятий г. Омска, а в сентябре 2015 года 33 комплексные пробы почв и листьев тополя бальзамического (лат. *Populus balsamifera*) в соответствии с площадной сетью опробования. Карта-схема пунктов отбора проб представлена на рисунке 2.1.

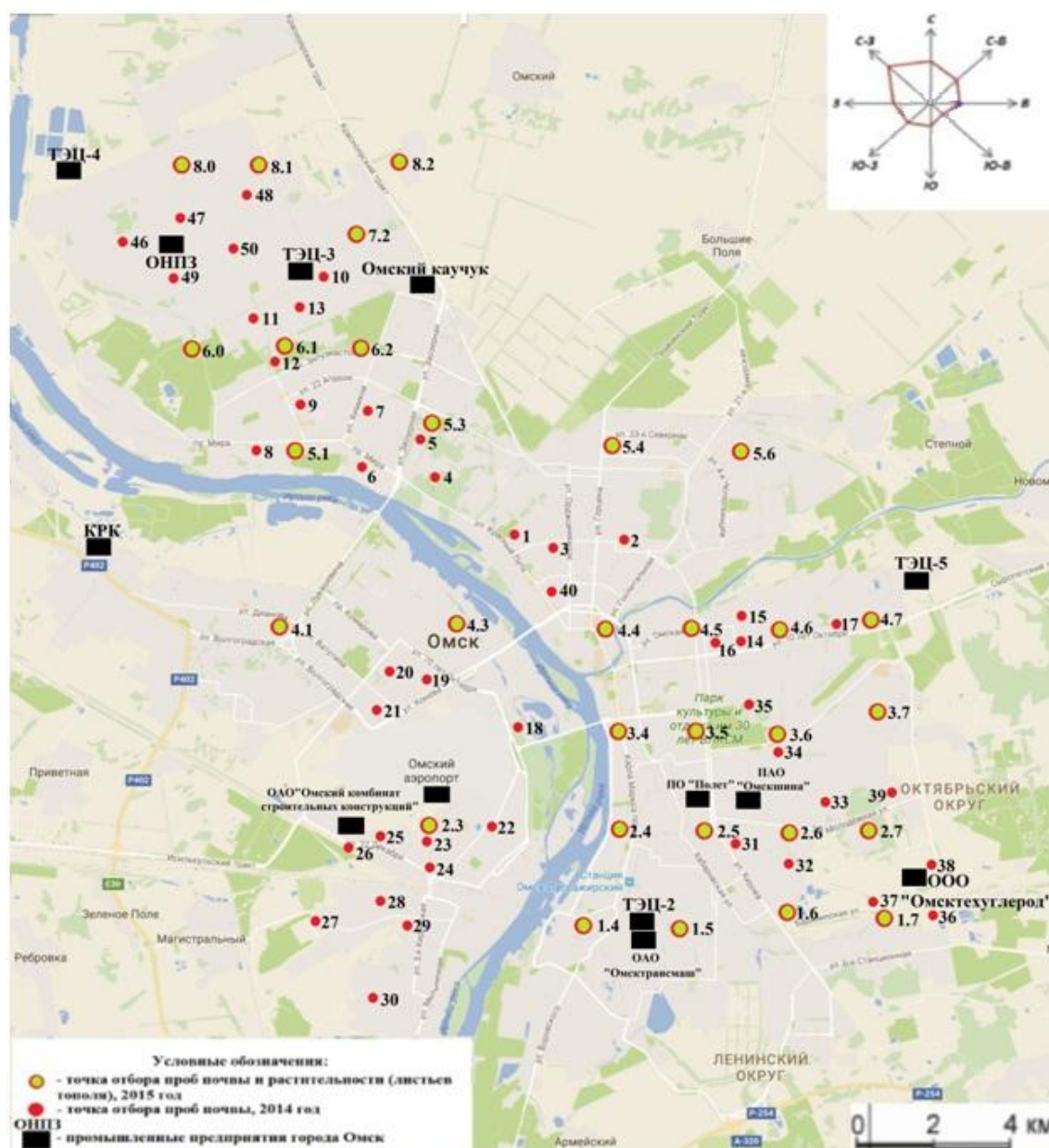


Рисунок 2.1 – Карта - схема отбора проб почв и листьев тополя на территории г. Омска

ТЭЦ-3

1 - точка отбора проб почв
2 - автомобильные дороги
3 - ж/д пути

Условные обозначения:
ТЭЦ-3 - промышленный объект
3 - номер точки отбора проб почв
повторяемость направления ветра летом

ТЭЦ-5

1 - точка отбора проб почв
2 - автомобильные дороги
3 - ж/д пути

Условные обозначения:
ТЭЦ-5 - промышленный объект
3 - место отбора проб почв
повторяемость направления ветра летом

ОАО "Омскстекстек"

1 - точка отбора проб почв
2 - автомобильные дороги
3 - ж/д пути

Условные обозначения:
ТЭЦ-3 - промышленный объект
3 - номер точки отбора проб почв
повторяемость направления ветра летом

На территории п. Любинский, расположенного в 47 км от г. Омска, отобраны 3 комплексные пробы почв и листьев тополя. В исследованиях пробы используются в качестве условно фоновых, в связи с минимальной

техногенной нагрузкой на данную территорию. Расположение условно фоновой территории представлено на рисунке 2.3.

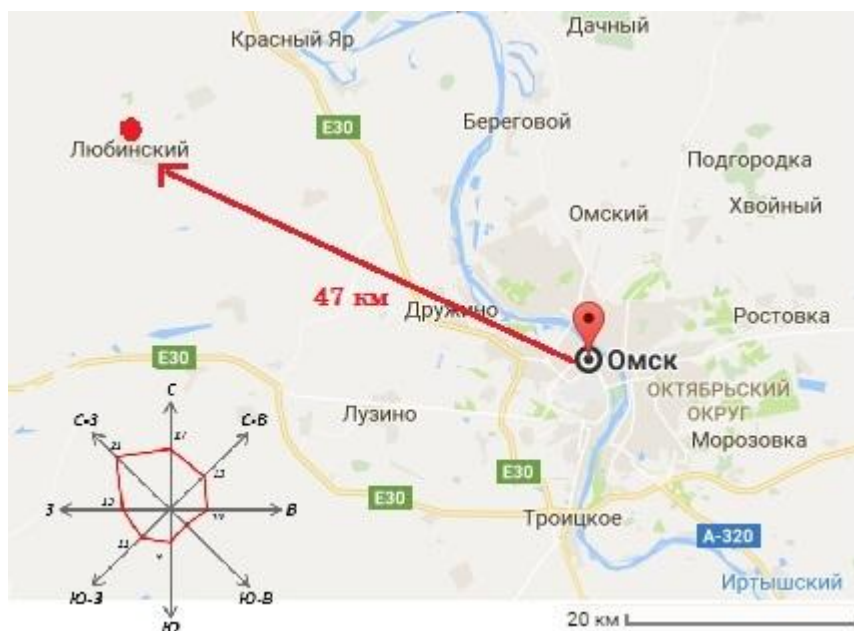


Рисунок 2.3 – Место отбора фоновых проб для проведения исследований

При отборе проб почв учитывалось направление ветра, ландшафтно-морфологические особенности территории, мощность источников выбросов, особенности городской застройки, данные ранее проведенных исследований, а также требования по отбору проб почв. Требования по отбору проб почв регламентируются нормативными документами [28,29,30,31,33], а также методическими рекомендациями [37,59] и требованиями к геолого-экологическим исследованиям и картографированию [91-93].

Пробы почв отбирались в поверхностном слое (на глубине от 0 до 10 см, который предварительно очищен от дернового слоя). Пробоотбор совершался лопаткой методом конверта или точечным методом, в зависимости от особенностей места отбора пробы. В поверхностном слое происходит максимальное накопление продуктов техногенеза, в связи с чем опробование на большую глубину является не целесообразным для достижения целей научно-исследовательской работы. [6,19,20,36]. В журнале фиксировались отобранные проб почв с указанием: номера пробы, места отбора проб, даты отбора, описания почв. Пробы упаковывались в

полиэтиленовые пакеты, маркировались. Образцы почв имели массу 0,5 - 1 кг.

Пробоподготовка почв к проведению аналитических исследований включала в себя несколько этапов: просушивание проб при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, ручное измельчение крупных частиц, удаление механических включений (камни, растительные остатки, стекло), просеивание через сито с диаметром ячеек 1 мм. Для определения концентраций изучаемых химических элементов и содержания ртути, пробы почв истирались на микровиброистирателе МВИ-1 до пудрообразного состояния с размером частиц 0,074 мм.

Подготовка проб к анализу ИСП-АЭС проводилась самостоятельно в МИНОЦ «Урановая геология» и заключалась в полном разложении 200 мг почв в кислотах (фтороводородная, азотная, соляная) с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6.

Пробоподготовка к инструментальному нейтронно-активационному анализу предполагала формирование навесок истертых почв массой 100 мг и упаковку их в конверт из фольги.

Все операции проводились в соответствии со схемой обработки почв, представленной ниже (рисунок 2.4).

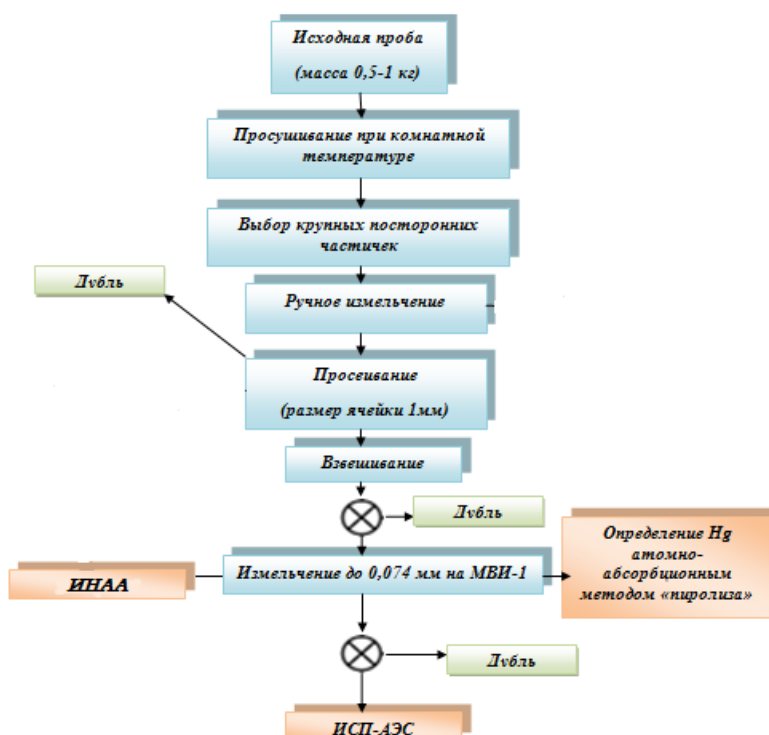


Рисунок 2.4 – Схема обработки и изучения проб почв: ИСП-АЭС – атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, ИНАА – инструментальный нейтронно-активационный анализ (Язиков, Шатилов, 2004 с дополнениями автора)

Пробы листьев тополя отбирались в точках отбора проб почв в сентябре 2015 года, после остановки вегетационного роста. Во время отбора проб и за несколько дней до него не наблюдалось выпадение осадков, что является фактором, снижающим вероятность обильного вымывания химических элементов, что тем самым увеличивает достоверность результатов.

Масса биогеохимической пробы составляла 100 г сырого вещества. Пробы листьев отбирались на территории г. Омска из нижней части кроны, на высоте 1,5-2 м с максимально возможного количества ветвей, растущих в разных направлениях, без черенков с целью составления однородной пробы.

Отобранные пробы упаковывались в гигроскопичные крафт пакеты «Стерит» размером 150×250 мм, фиксировались в журнале с указанием: порядкового номера, места отбора проб, даты отбора. Листья отбирались вручную в матерчатых перчатках, после отбора высушивались при комнатной температуре [60].

Подготовка проб к аналитическим исследованиям представляет собой последовательное измельчение, взвешивание перед озолением.

Озоление листьев тополя проводило в два этапа. Чашу с навеской помещали на электроплитку и проводили осторожное обугливание, не допуская сильного дымления. После прекращения выделения дыма чаша помещалась в муфельную печь, отрегулированную ранее на температуру 250°C, при этом повышая температуру на 50°C каждые 30 минут до 450°C. Озоление в муфельной печи (в фарфоровых тиглях) при температуре 450°C проводилось в течение 3 часов с момента достижения заданной температуры

до получения равномерно озоленного материала белого или светло-серого цвета, а также взвешиванием после озоления [32].

Пробоподготовка листьев тополя для проведения аналитических исследований и определение содержания ртути проводилась самостоятельно в лабораторных помещениях МИНОЦ «Урановая геология» кафедры ГЭГХ НИ ТПУ.

Для определения ртути с помощью проведения атомно-абсорбционного анализа методом «пиролиза» использовались мелко измельченные вручную листья тополя.

Пробоподготовка к инструментальному нейтронно-активационному анализу предполагала формирование навесок озоленных проб массой 100 мг и упаковку их в конверт из фольги размером 30x30 мм.

Общая схема пробоподготовки для всех анализов приведена на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Схема обработки и изучения проб листьев тополя (Язиков, Шатилов, 2004 с дополнениями автора)

2.2 Методы аналитических исследований

Анализы проводились в аналитических лабораториях кафедры ГЭГХ НИ ТПУ, на базе аккредитованного научно-аналитического центра (НАЦ) ТПУ и в лаборатории исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ.

2.2.1 Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

Исследования растворенных в кислотах почв проведены в научно-аналитическом центре (НАЦ) ТПУ методом ИСП-АЭС (заведующий лабораторией Тарбоков В. А., аналитик Костикова Л. А.) с использованием спектрометра iCAP 6300 Duo, Thermo Scientific, Великобритания, 2007 (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Спектрометр iCAP 6300 Duo, Thermo Scientific, Великобритания, 2007 (НАЦ ТПУ)

Метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой основан на использовании для возбуждения характеристического спектра нагрева мелкодисперсного аэрозоля анализируемого вещества в аргоновой плазме высокочастотного индукционного разряда.

Для регистрации спектра применяют многоканальные спектроанализаторы, допускающие возможность проведения одновременного многоэлементного анализа. За счет высокочастотного индукционного способа возбуждения методу присущи низкие пределы обнаружения, высокая точность и большой линейный диапазон зависимости сигнала от концентрации элемента.

Чувствительность определения практически всех определяемых в спектральном анализе элементов при исследовании их растворов находится на уровне 10^{-7} – 10^{-8} % [41]. Всего определено 43 элемента. Ряд таких химических элементов, как Se, Rb, Sn, Sb, Te, La, Ce, Nd, Sm, Gd, Tb, Yb, Lu, Ta, W, Bi оказались ниже предела обнаружения.

В таблице 2.1 приведены результаты внутреннего контроля, которые свидетельствуют о достаточно высоком качестве анализа, выполняемого в научно-аналитическом центре.

Таблица 2.1 – Воспроизводимость результатов анализа ИСП-АЭС

Элемент	Проба 1			Проба 2		
	1	2	расхождение, %	1	2	расхождение, %
Na	0,52	0,54	4	0,67	0,79	15
Ca	0,59	0,71	17	0,58	0,42	28
Fe	2,02	1,91	5	1,31	1,21	8
Ba	135	193	30	132	113	14
Co	17,4	16,2	7	10,8	11,3	5
Cr	59,6	57,5	4	96,8	108,0	11
As	11,4	15,1	25	8,54	7,44	13
Be	2,32	2,43	5	1,58	1,62	3
Cu	30,2	36,1	16	143	174	18
K	0,74	0,87	15	0,69	0,66	4
Li	31,0	33,0	6	16,5	11,9	27
Mg	474	445	6	460	414	10
Mn	550	572	4	499	401	20
Ni	40,1	29,9	25	16,8	14,8	12
Nb	6,65	8,48	22	1,12	1,08	4
P	508	694	27	402	481	16
Pb	14,9	15,1	2	23,2	32,3	28
Sr	46,6	62,8	26	68,5	48,3	30
Ti	2992	3023	2	1514	1551	2
Zn	81,3	91,0	11	217	178	18
Zr	67,5	54,2	20	54,5	41,7	24
Y	0,92	1,15	20	1,07	1,18	9

Примечание: содержание Na, Ca, Fe, K приведено в %, остальных элементов – в мг/кг; 1, 2 – 1-е и 2-е определение содержания элемента.

2.2.2 Атомно-абсорбционный анализ ртути

Определение ртути в почвах произведено с помощью атомно-абсорбционного анализа методом «пиролиза» на базе учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ «Урановая

геология» кафедры геоэкологии и геохимии. Для измерения содержания ртути использовались пробы почв, предварительно истертые на МВИ-1 до пудрообразного состояния с размером частиц 0,074 мм, а также мелко измельченные вручную листья тополя. Навеска для проведения исследований имела массу от 0,2 до 0,5 мг.

С помощью ртутного газоанализатора РА-951+ (рисунок 2.7) измерена концентрация ртути в 75 пробах почв и 33 пробах листьев тополя [56].



Рисунок 2.7 – Ртутный газоанализатор РА 915+ с приставкой «Пиро-915+»

Диапазон измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и листьев тополя 5 - 10000 мкг/кг. Использован государственный стандартный образец массовой доли ртути ГСО 7183-95 [58].

В таблице 2.2 приведены результаты внутреннего контроля, которые свидетельствуют о достаточно высоком качестве анализа.

Таблица 2.2 – Воспроизводимость результатов атомно-абсорбционного анализа

Элемент	Проба 1 (почва)			Проба 2 (листья тополя)		
	1	2	расхождение, %	1	2	расхождение, %
Hg	0,018	0,019	5	0,033	0,031	6

Примечание: содержание Hg в мг/кг; 1, 2 – 1-е и 2-е определение содержания элемента.

2.2.3 Инструментальный нейтронно-активационный анализ

Концентрации химических элементов (в том числе редких, редкоземельных и радиоактивных) в почвах и листьях тополя, отобранных в ходе площадного опробования территории, определены с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), проведенного на базе лаборатории исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ (аналитик Судыко А.Ф., Богутская Л.В.). Всего исследовано 33 пробы почв и листьев тополя.

Данный анализ является весьма эффективными и позволяет определить содержание 28 химических элементов (Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag). Однако, в работе не приводится анализ содержания Ag в почвах и Ag, Ta, Nd в листьях тополя, поскольку значения для данных элементов оказались ниже предела обнаружения. Анализ выполняется в соответствии с инструкцией НСАМ ВИМС № 410-ЯФ путем облучения образца тепловыми нейтронами на исследовательском реакторе ИРТ-Т при НИ ТПУ.

Плотность потока тепловых нейтронов в канале облучения составляет $2 \cdot 10^{13}$ нейтр./($\text{см}^2 \cdot \text{с}$). Продолжительность облучения проб 20 часов. Измерение производилось на многоканальном анализаторе импульсов АМА02Ф с полупроводниковым Ge-Li детектором ДГДК-63А.

Данный метод анализа основан на регистрации излучения радиоактивных нуклидов, образующихся при облучении исследуемых проб потоком нейтронов. Одновременно с исследуемыми пробами в тех же условиях облучались и стандартные образцы. Определение содержаний химических элементов производилось путём сравнения интенсивностей излучения проб и стандартных образцов в выбранных энергетических интервалах спектрометра.

После окончания облучения пробы выдерживались некоторое время и после спада наведенной активности направлялись на анализ. В работе анализируется 27 элементов в почвах и 25 элементов в листьях тополя.

Пределы обнаружения элементов ИНАА приведены в таблице 2.3. В качестве контроля использовались стандартные образцы сравнения как отечественные, так и зарубежные [103].

Таблица 2.3 – Пределы обнаружения содержаний элементов в различных объектах (горная порода, почва, растительность и др.) методом ИНАА [103]

Элемент	Предел обнаружения, мг/кг	Элемент	Предел обнаружения, мг/кг
Na	20	Ta	0,05
Ca	300	Sc	0,02
Fe	100	Tb	0,05
As	1	Sm	0,01
Co	0,1	Eu	0,01
Cr	0,2	La	0,03
Sb	0,2	Ce	0,05
Ba	8	Yb	0,1
Br	0,3	Lu	0,01
Rb	0,6	U	0,1
Cs	0,3	Th	0,2
Sr	7	Au	0,01
Hf	0,01	Ag	0,5

В таблице 2.4 приведены результаты внутреннего контроля для почв, которые свидетельствуют о высокой точности нейтронно-активационного анализа, выполняемого в лаборатории.

Таблица 2.4 – Результаты внутреннего контроля ИНАА почв

Элемент	Проба 5/1			Элемент	Проба 5/1		
	1	2	расхождение, %		1	2	расхождение, %
Na, %	0,84	0,76	9	Hf	4,11	3,87	6
Ca, %	1,84	1,66	10	Ta	0,77	0,79	3
Fe, %	2,1	2,1	0	Sc	7,32	7,37	1
Br	7,88	6,07	23	Tb	1,17	0,87	25
Ba	365,3	332,6	9	Sm	7,26	6,2	15
Zn	89,72	75,77	15	Eu	1,21	1,22	1
Co	11,79	11,84	0,5	La	31,6	32,1	2
Cr	116,4	122,2	5	Ce	53,5	70,2	24
Sb	1,67	1,33	20	Nd	37,1	25,5	31
As	8,04	5,74	28	Yb	2,1	1,96	7
Rb	66,48	53,82	19	Lu	0,29	0,29	0

Продолжение таблицы 2.4

Cs	3,15	3,19	1	U	1,83	1,59	13
Sr	139,7	139,6	0	Th	8,74	5,96	32

Примечание: содержание Na, Ca, Fe приведено в %, остальных элементов – в мг/кг;
1, 2 – 1-е и 2-е определение содержания элемента.

Аналогичная таблица сходимости результатов разработана и для проб листьев тополя (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Результаты внутреннего контроля ИНАА листьев тополя

Элемент	Проба 7/2			Элемент	Проба 7/2		
	1	2	расхождение, %		1	2	расхождение, %
Na, %	0,12	0,12	0	Hf	0,04	0,04	0
Ca, %	16,85	16,56	2	Sr	1227,8	1262,4	3
Fe, %	0,20	0,15	25	Sc	0,54	0,52	4
Br	44,2	39,5	11	Au	0,001	0,001	0
Ba	227,8	232,9	2	Sm	0,36	0,43	17
Zn	2436,4	2487,8	2	Eu	0,02	0,02	0
Co	13,7	13,5	1	La	4,5	4,4	2
Cr	40,56	38,76	4	Ce	3,87	2,92	25
Sb	0,35	0,20	43	Cs	0,11	0,17	35
As	1,37	0,99	28	Lu	0,02	0,02	0
Rb	13,4	11,7	13	Th	0,3	0,43	30

Примечание: содержание Na, Ca, Fe приведено в %, остальных элементов – в мг/кг;
1, 2 – 1-е и 2-е определение содержания элемента.

Сравнительный анализ определения элементов методами инструментального нейтронно-активационного анализа (ядерно-геохимическая лаборатория ТПУ, г. Томск) и атомно-эмиссионного с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) (НАЦ ТПУ) позволяет фиксировать удовлетворительную сходимость данных методов по ряду элементов (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Сравнительный анализ определения элементов в пробах почв методами ИНАА и ИСП-АЭС

Элемент	ИНАА			ИСП			Расхождение, %
	среднее	λ	S	среднее	λ	S	
n, %							

Продолжение таблицы 2.6

Na	0,7	0,02	0,1	0,7	0,01	0,1	0
Ca	1,1	0,08	0,5	0,8	0,1	0,4	28
Fe	1,7	0,09	0,5	2,1	0,6	2,6	19
n, 10 ⁻⁴ %							
Cr	119,1	10,1	55,2	109,9	20,7	95,1	8
Co	10,4	0,5	2,7	14,4	1	4,5	28
Ba	341,7	14,2	78,2	207,7	15	68,6	39

Примечание: λ – стандартная ошибка, S – стандартное отклонение.

2.3 Методика обработки данных

Полученные результаты аналитических исследований обрабатывались с использованием программы «Microsoft Office Excel 2007». Статистическая обработка данных включала в себя расчет стандартных статистических параметров выборки (среднее значение, стандартная ошибка, медиана, стандартное отклонение, дисперсия, минимальные и максимальные значения, коэффициент вариации) и выполнялась с помощью пакета анализа STATISTICA 8.0.

Оценка экологической ситуации проводилась на основе сопоставления данных о содержании химических элементов в почвах с их с предельно-допустимыми или ориентировочно допустимыми концентрациями (ГН 2.1.7.2041-06), а в листьях тополя - с фоновыми значениями, кларком живого вещества и литературными данными.

Произведен расчет коэффициентов корреляции для элементов в выборках, по значениям которых построены дендограммы корреляционных матриц. Кластерный анализ для выделения ассоциаций химических элементов проводился с помощью STATISTICA 8.0. Карты распределения элементов, суммарных показателей построены в Surfer 10 методом Kriging.

Кроме того, для каждого из объектов исследования рассчитаны геохимические показатели. Интенсивность геохимических антропогенных аномалий определяется накоплением элемента-загрязнителя по сравнению с фоновым содержанием. Показателем уровня аномальности содержаний элементов является коэффициент концентрации (КК), который

рассчитывался как отношение содержания элемента в исследуемых пробах к его фоновому содержанию:

$$KK = C / C_{\phi}, \quad (2.1)$$

где C – содержание элемента в исследуемых пробах,

C_{ϕ} – фоновое содержание элемента.

В качестве фона использовались данные территории п. Любинский Омской области.

По результатам расчетов составлены геохимические ассоциативные ряды элементов, в которых коэффициенты концентрации располагаются в убывающем порядке, что позволяет характеризовать аномальные содержания химических элементов.

Кроме того, для почв рассчитан суммарный показатель загрязнения $Z_{СПЗ}$:

$$Z_{\Sigma KK} = \sum KK - (n - 1), \quad (2.2)$$

где KK - коэффициент концентрации

n - число учитываемых элементов с $KK > 1$.

Полученные значения суммарного показателя загрязнения почв сопоставлялись с ориентировочной шкалой оценки очагов загрязнения, которая выделяет следующие степени загрязнения [20].

- менее 16 – низкая степень загрязнения;
- 16–32 – средняя степень загрязнения;
- 32–128 – высокая степень загрязнения;
- более 128 – очень высокая степень загрязнения.

Кроме того для листьев тополя рассчитан показатель биогеохимической трансформации:

$$Z_v = \sum K_c + \sum K_p - (n_1 + n_2 - 1), \quad (2.3)$$

где K_c – коэффициент концентрации элемента в растениях, n_1 – число элементов с $K_c > 1$, K_p – коэффициент рассеяния элемента в растениях, n_2 – число элементов с $K_p > 1$ [85].

Данный показатель биогеохимической трансформации является интегральным и позволяет установить уровень экологической опасности путем сопоставления с разработанной градацией [45]:

- менее 15 – низкий, неопасный уровень;
- 15–25 – средний, умеренно-опасный уровень;
- 26–35 – высокий, опасный уровень;
- 36–45 – очень высокий, очень опасный уровень;
- более 45 – максимальный, чрезвычайно опасный уровень.

Также для листьев тополя рассчитан аддитивный геохимический индекс по формуле:

$$Agi = \frac{\sum K_{k>1,5}}{n}, (2.4)$$

где K_k - коэффициент концентрации элементов $>1,5$; n - число таких элементов.

Результаты анализов сопоставлялись со значениями ПДК и ОДК для почв, с кларком Земной коры по Тейлору [151] и живого вещества по Добровольскому, Глазовским [34], с фоновыми концентрациями, данными ранее проведенных исследований.

3 Характеристика территории г. Омска

3.1 Физико-географическая характеристика

Омская область - субъект Российской Федерации, входит в Сибирский федеральный округ. Расстояние от Омска до Москвы - 2555 км. Граничит на западе и севере с Тюменской областью, на востоке – с Томской и Новосибирской областями, на юге – с Республикой Казахстан [62].

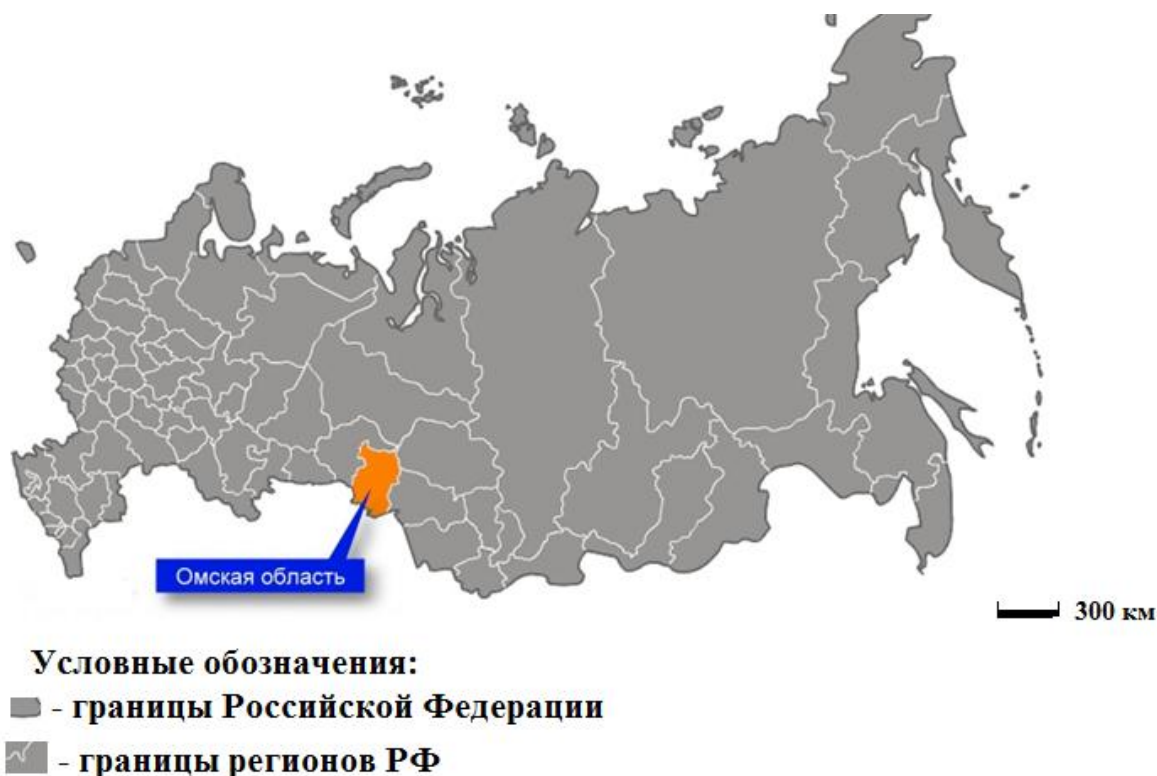


Рисунок 3.1 – Местоположение Омской области на карте страны [63]

Занимает площадь 141,1 тыс. кв. км, или 1/15 часть Западной Сибири. Омская область расположена на юге Западно-Сибирской равнины в среднем течении Иртыша, который, пересекая территорию области с юга на север, делит ее на левобережную и правобережную части. Административный центр – город Омск [62].

Геологическое строение территории

В пределах Омской области, как и в целом в Западной Сибири, есть складчатый фундамент и платформенный чехол. Согласно Тектонической карте фундамента, под редакцией В. С. Суркова, 1974 г., в пределах почти

всей территории Омской области распространены складчатые сооружения ранних герцинид (Салымско-Чингизская область).

Территория Омской области охватывает южную и, частично, юго-западную часть крупнейшей депрессионной зоны – Западно-Сибирский геосинеклизы. В геологическом строении северной части Омской области принимают участие:

1. Доюрские вулканогенно-осадочные образования.
2. Терригенная толща осадочного платформенного чехла, представленная юрскими (баженовская, георгиевская, васюганская тюменская, шеркалинская свиты) отложениями, меловыми и кайнозойскими отложениями.

Омская область располагает такими видами полезных ископаемых как торф, мергель, стекольные и строительные пески, бентонитовые, кирпичные, керамзитовые, черепичные глины и суглинки, минеральные воды, лечебные грязи, сапрпель.

С 1998 г. в области началось освоение месторождений природного газа. Разведаны месторождения бурого угля, железных руд, циркон-ильменитовых россыпей, в соленых озерах – минеральные соли (поваренная, глауберова и др.).

Поскольку область является одним из крупнейших нефтехимических комплексов страны, нефть считается основным сырьевым ресурсом промышленности региона [62].

Рельеф территории

Левобережье Омской области характеризуется наличием Ишимской равнины, на преобладающей части которой располагается плоскозападинный рельеф, местами плоский (высотой до 140 м). В связи с отсутствием речной сети поверхность равнины характеризуется слабым расчленением. Для территории характерными являются многочисленные западины, представляющие собой понижения незначительной глубины.

На правобережье Иртыша расположена Барабинская низменность, пересеченная долиной Оми. Рельеф низменности в восточной части плоско-западинный (высота более 120м).

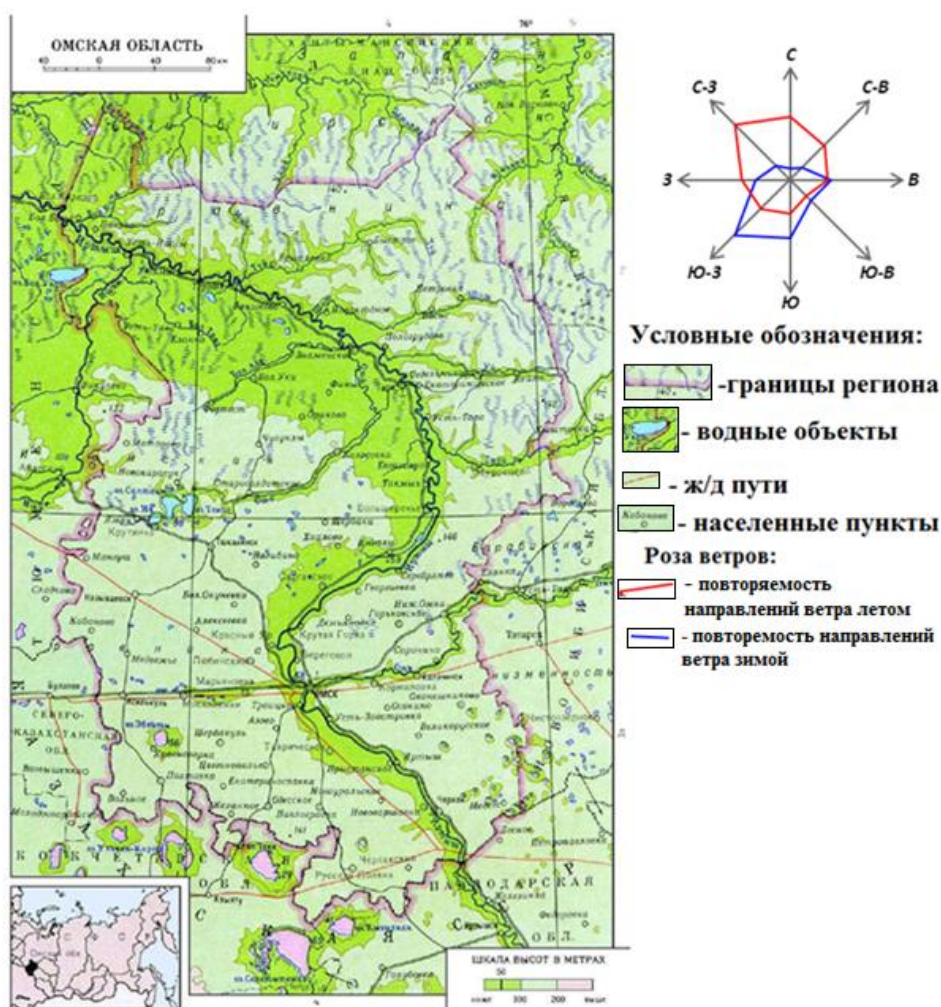


Рисунок 3.2 – Карта высот Омской области [62]

Местность самого города Омска имеет относительно плоский рельеф, с преобладающими абсолютными отметками 100-140 м. Однообразный рельеф на отдельных участках редко нарушается понижениями плоских западин, древних ложбин стока, озёрными котловинами, увалами [62].

Климатические характеристики территории

Для области характерен континентальный тип климата. Средние температуры в январе находятся на уровне 19-20 градусов, в июле – +18 градусов в северной части, +19 градусов – на юге. Осадки распределяются

неравномерно с преобладанием на севере - 400-500 мм, в то время как в южной части области – менее 300 мм.

Степной климат в сравнении с климатом, характерным для лесостепной зоны, отличается по продолжительности вегетационного и безморозного периодов, большими среднегодовыми и среднемесячными температурами, большой сухостью. В связи с этим степные земли характеризуются недостатком влаги: среднегодовое количество осадков 250-300 мм, что в 1,5-2 раза меньше количества осадков, выпадающих в центральных районах России.

Температура зимой опускается до отметки 35-40 градусов, территории присущ снежный покров, неравномерно укрывающий почву, толщиной в 25-30 см. Сход снега происходит за 10-12 дней. Ветры способствуют увеличению испарения, иссушению почвы и часто возникновению пыльных бурь. В летнее время в солнечные дни температура повышается до отметки 30-35 градусов.

Богатство поверхностными водами, присущее лесостепной зоне, связано с более влажным типом климата: годовое количество осадков здесь 350-400 мм, из них половина приходится на первые месяцы: снежный покров также обильнее юга – его толщина доходит до 30-40 мм.

Тарский север – зона обильного увлажнения, здесь выпадает 400-450 мм осадков в год, т.е. вдвое больше, чем на юге области. Лето – умеренно тепло (в июле 17-18 градусов). Вегетационный период – 150 дней. Особенностью климата является жаркое лето и холодная зима[62].

Гидрологические условия района

Иртыш является крупнейшим из притоков реки Обь, пятой по величине рекой Северной Азии. Длина реки составляет 4422 км, площадь бассейна – 1 592 000 км². Ниже Семипалатинска река вступает в степную зону Западно-Сибирской равнины и вплоть до Омска не принимает сколько-нибудь значительных притоков [62].

Река Омь, протекающая по территориям Омской и Новосибирской областей, является правым притоком реки Иртыш. На территории Омской области протекает по Нижнеомскому, Калачинскому, Кормиловскому и Омскому районам.

Озера, характерные для зоны степей, являются неглубокими и невеликими. Крупнейшими являются такие озера, как Жалтыргуль (200 га), Большой Атмас (43 га), представляющие собой водоемы, имеющие овальную форму со слабо изрезанной береговой линией. Дно ровное, выстлано илами с остатками неперегнившей растительности.

Множество озер характерно для лесостепной зоны, располагающейся на Иртышско-Ишимском междуречье. Здесь насчитывается около 400 озер – больших (до 100 км) и малых. Крупнейшие – Салтаим, Теннис, Ик – соединены протоками, которые образуют единую озерную систему. Все эти озера неглубоки и в засушливое лето мелеют [62].

Почвенный покров территории

По наличию типов почв территория Омской области делится на три зоны: южная таежно-лесная, лесостепная и степная.

Центральная лесостепь характеризуется наиболее сложным и комплексным почвенным покровом, представленным сочетанием серых лесных, лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых почв в комплексе с солонцами, солончаками и солодами. Серые лесные почвы типичные почвы лесостепной зоны, формируются под мелколиственными березовыми лесами при ведущем дерновом процессе почвообразования.

На территории города Омска выделяют следующие типы почв: серые лесные осолоделые, черноземы обыкновенные, лугово-черноземные, черноземно-луговые, луговые, солонцы, солоды, аллювиальные и болотные.

Северная зона характеризуется сочетанием глее-подзолистых, серых лесных и болотных почв. В составе пашни здесь преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы. В северной лесостепи

преобладает сочетание выщелоченных черноземов, серых лесных, луговых и черноземно-луговых почв в комплексе с солонцами.

Южная лесостепь отличается наличием черноземов обыкновенных и лугово - черноземных почв в комплексе с солонцами (до 25 %).

Степная зона, занимающая юг области, представлена сочетанием южных и обыкновенных черноземов, а также лугово-черноземных и солонцовых почв.

Характерная особенность практически всех типов почв по тем или иным показателям – низкий уровень их естественного плодородия. Наиболее высокое содержание органического вещества в черноземе выщелоченном – 7,1 %, с колебаниями от 5,2 до 11,6 %, а самое низкое в дерново-подзолистой почве – в среднем 2,4 %.

По данным научных исследований, 89,8 % пашни области в той или иной мере имеют недостаточный уровень обеспеченности почв фосфором.

Значительно лучше по сравнению с фосфором почвы пахотных земель Омской области обеспечены калием [100].

Растительный и животный мир территории

Характерной чертой присущей степной зоне является практически полное отсутствие растительности лесного типа. Растительный покров представлен преобладающим количеством степных растений. Кроме того, здесь произрастают ковыль тырса, овсец пустынный.

Степная фауна отличается богатством. Здесь обитает порядка 80 видов млекопитающих, особенно обильно количество грызунов. Крупнейшими являются тушканчики, суслики, серые и стадные полевки, степные пищухи, слепушонки.

Лесостепь по условиям обитания отличается от лесной зоны. Произрастание древесной растительности не такое густое, как в таежной зоне, они не достигают больших высот, в связи с чем для лесостепных перелесков характерно большое количество света. Хвойная растительность практически не встречается на данной территории.

Естественных лесов в окрестностях города нет. На территории самого города произрастают культивируемые городские растения, сорные рудералы и фрагменты естественной растительности. Лесная растительность сконцентрирована преимущественно на окраинах и является в основном вторичной. Леса образованы в основном берёзой повислой с примесью осины, местами на территории города произрастает тополь.

Среди животных крупного размера на территории области обитают бурый медведь, косматая россомаха, хищная рысь, лось. Всюдным распространением отличаются различные виды лисиц. Из мелких хищников живут соболь, желтый пушистый колонок, лесной хорек, барсук. Особенной многочисленностью отличаются представители грызунов – белка, бурундук, заяц-беляк.

Озерная и речная ихтиофауна в видовом отношении бедная. Основным обитателем водоема является карась золотой, серебряный, гальян и пескарь.

На природе области отрицательно сказываются воздействия предприятий индустриального и агропромышленного комплексов, а также транспорт. В результате чего загрязнению подвержен воздух, воды, почва, что приводит к исчезновению редких видов растений и животных; снижению продуктивности естественных кормовых угодий; исчезновению малых рек и болот. Проведение работ по созданию систем охраняемых природных территорий способствует улучшению экологической обстановки. В настоящее время на долю охраняемых территорий приходится около 8% от общей площади Омской области [62].

3.2 Геоэкологическая характеристика

Омск является крупным центром машиностроения и металлургии, химической и нефтехимической промышленности. Наиболее крупными производствами в сфере машиностроения и металлообработки располагают ПО «Полет», ХП «Инструментальный завод», УП «Омский завод нефтеперерабатывающего оборудования» [84].

ПО «Полет» – объединение, включающее мощности по выпуску техники для ракетно-космического комплекса (Ракета-носитель «Космос-3М» и «Ангара», космические аппараты «Надежда», «СТЕРХ, «Университетский»)), авиационной промышленности (многоцелевые самолеты АН-74, легкий АН-3Т, транспортный АН-74).

ХП «Инструментальный завод» производит металлорежущий и мерительный инструмент, культиваторы, опрыскиватели, окрасочно-сушильные камеры и др.

УП «Омский завод нефтедобывающего оборудования» производит нефтесборное оборудование, насосные установки, центрифуги, оборудование для получения водоугольного топлива; модули закачки бурового раствора в скважину и др.

Нефтеперерабатывающая отрасль представлена одним из крупнейших в России Омским нефтеперерабатывающим заводом, ОАО «Омский каучук», ОАО «Омскшина», ООО «Омсктехуглерод».

Омский нефтеперерабатывающий завод (ОНПЗ) специализируется на производстве моторных, гидравлических и турбинных масел и смазок, а также присадок для смазочных масел и бензина, бутана и бутилена, диоксида углерода, пропана, пропилена, топочного мазута, бензола и толуола, нефтяного кокса и других продуктов нефтепереработки.

ОАО «Омский каучук» занимает одно из лидирующих мест среди российских производителей синтетического каучука.

ОАО «Омскшина» производит и поставляет около 400 моделей шин для автотранспорта, сельскохозяйственной и индустриальной техники, авиаиндустрии.

ООО «Омсктехуглерод» входит в десятку крупнейших производителей технического углерода в мире и является крупнейшим производителем в России и странах СНГ.

На территории города функционируют Омский агрегатный завод, опытный завод деталей трубопроводов (ОЗДТ), Омский завод газовой

аппаратуры (ОЗГА), Омский завод металлоконструкций (ОмЗМ-МЕТАЛЛ), Омский лакокрасочный завод, Сибирский завод деталей трубопроводов (СЗДТ), ОАО «Омсктрансмаш», Омский литейно-механический завод (ОЛМЗ), Омский стекольный завод (ОСЗ), Омский завод трубной изоляции (ОЗТИ), Омский электро-механический завод (ОЭМЗ) [84].

Кроме того город обеспечивается энергией и теплом за счет мощных электрических станций энергетической системы Омской области, работающих как на каменном угле и мазуте, так и на природном газе. В состав АО «ТГК-11» входят следующие генерирующие источники: ТЭЦ-3; ТЭЦ-4; ТЭЦ-5. В состав АО «Омск РТС» входят: ТЭЦ-2; Кировская районная котельная (КРК) (рисунок 3.3).

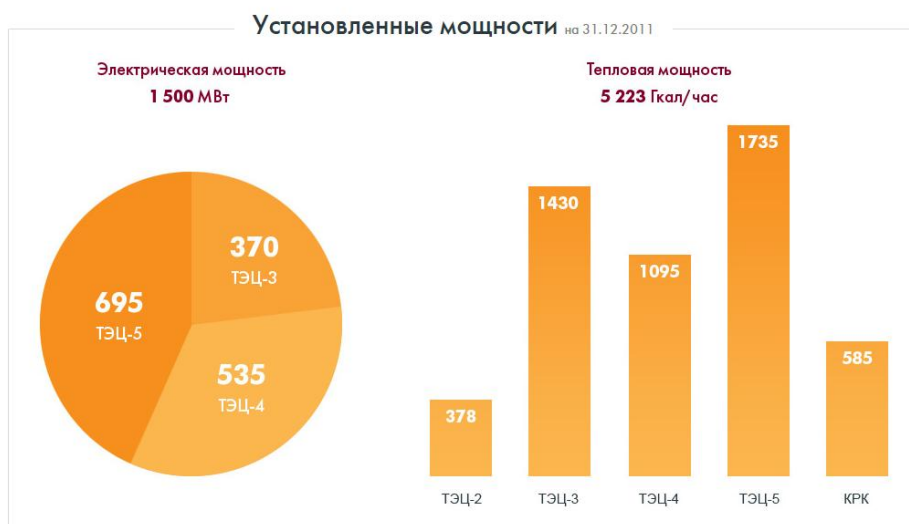


Рисунок 3.3 – Установленные мощности объектов топливно-энергетического комплекса г. Омска [64]

Промышленные производства города, в том числе и экологически опасные, располагаются в непосредственной близости от жилых районов, что непременно оказывает негативное воздействие на состояние окружающей среды и здоровье населения. Карта-схема размещения основных производств, функционирующих на территории города, представлена на рисунке 3.4.

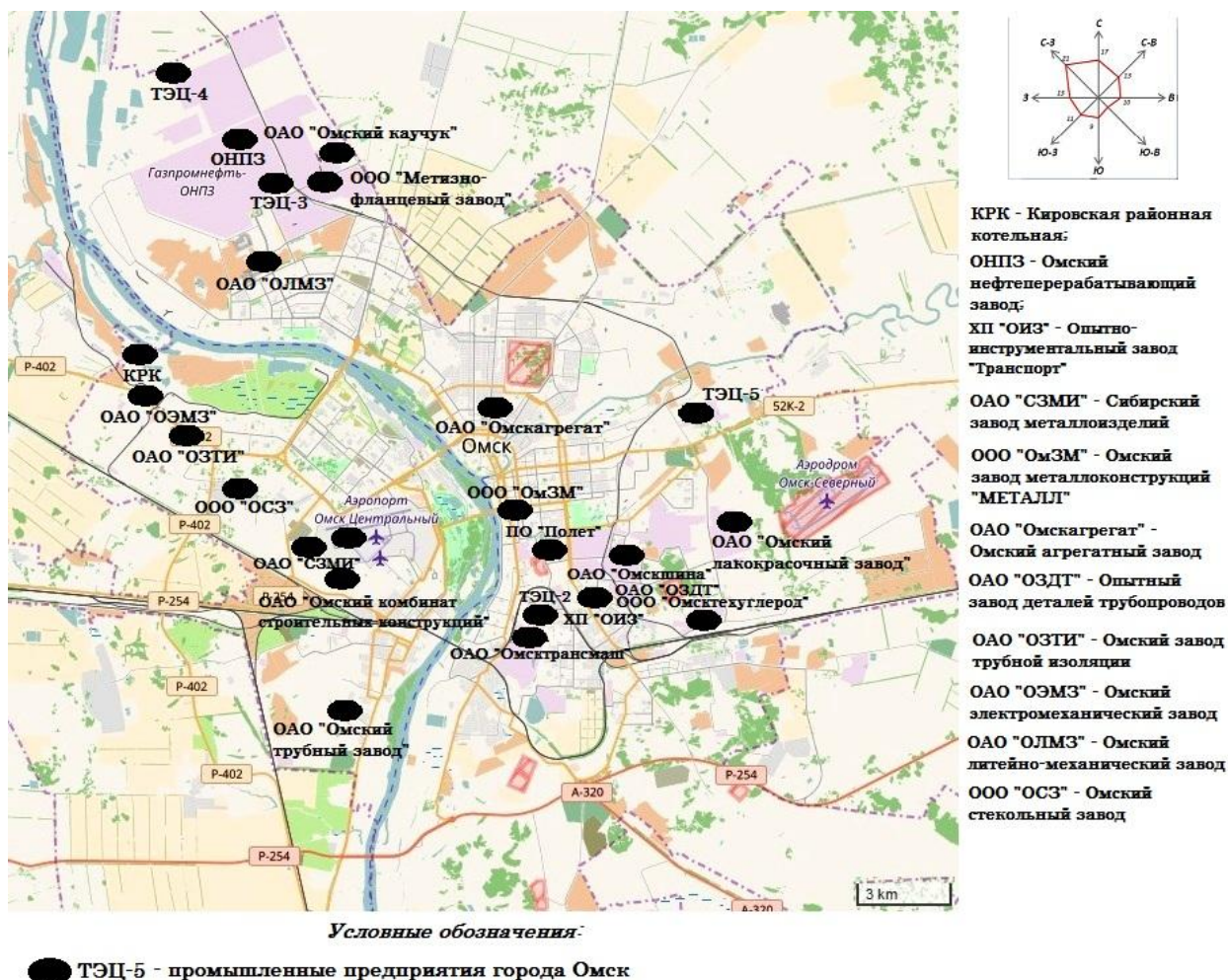


Рисунок 3.4 – Карта-схема расположения основных производств

Качество атмосферного воздуха

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2015 г. по сравнению с 2014 годом понизился в Октябрьском, Ленинском АО и в целом по городу, в Советском, Кировском и Центральном АО остался прежним.

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха в городе Омске внесли: бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота, аммиак и пыль.

Концентрации взвешенных веществ в среднем по городу ниже ПДК. Концентрации диоксида серы в среднем за год и максимальная концентрация ниже ПДК. Концентрации оксида углерода в среднем за год низкие. Концентрации диоксида азота/оксида азота в среднем за год не превышает ПДК, максимальная составляет 2,3 ПДК. Средняя концентрация оксида азота ниже ПДК, максимальная – 1,6 ПДК. Средняя за год концентрация

формальдегида ниже нового значения ПДК, введенного в 2014 году. Среднее за год содержание остальных примесей в воздухе ниже нормы [61].

В 2015 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе Омске оценивается как «низкий» (рисунок 3.5).

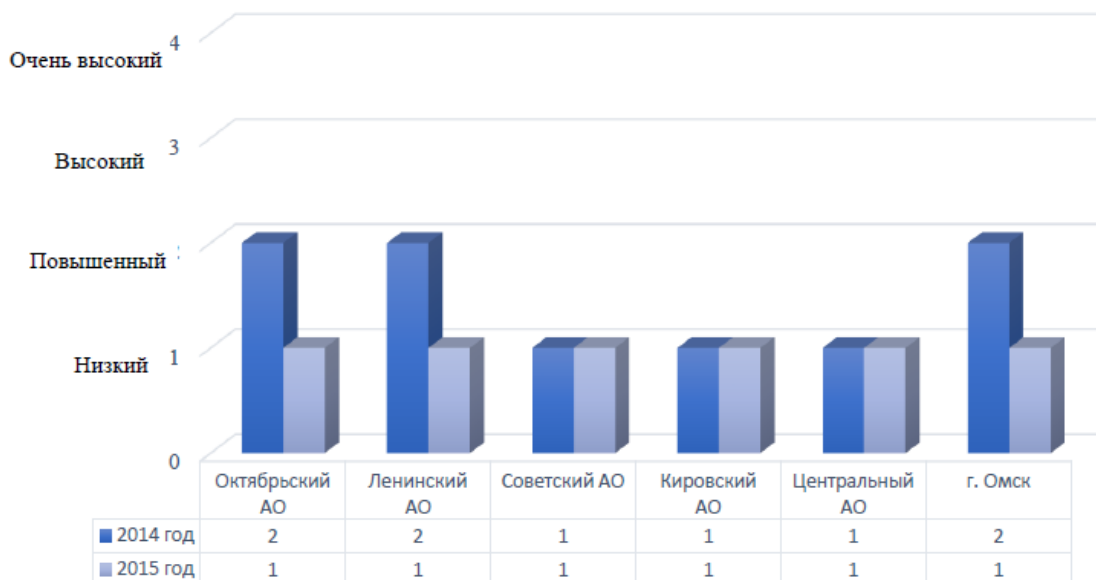


Рисунок 3.5 – Уровень загрязнения атмосферы в 2014- 2015 гг. по округам города Омска [61]

Согласно данным о качестве атмосферного воздуха в Омске можно сделать вывод, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе за многолетний период имеет тенденцию к снижению (рисунок 3.6).

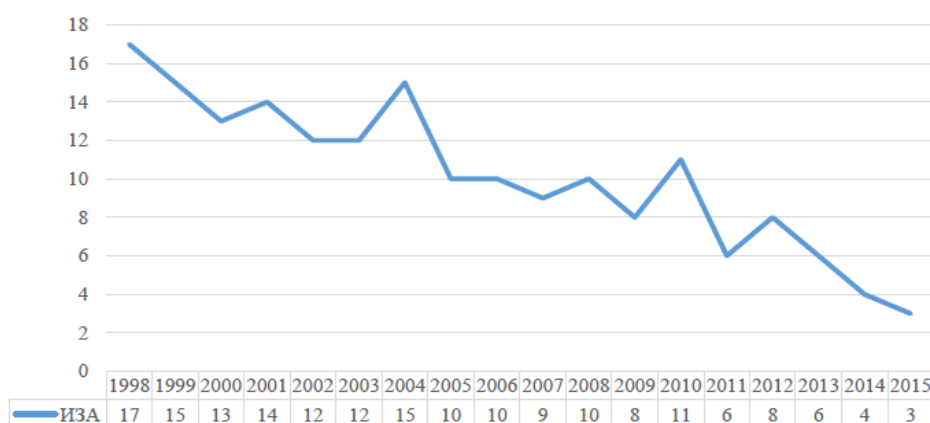


Рисунок 3.6 – Динамика загрязнения атмосферного воздуха в городе Омске с 1998 г. по 2015 г [61]

В г. Омске в 2015 г. в атмосферный воздух выброшено 171,4 тыс. тонн загрязняющих веществ.

Главную роль в структуре выбросов, загрязняющих атмосферный воздух играют выбросы от объектов производства и распределения, электроэнергии, газа и воды, и обрабатывающих производств.

Значительные вложения в мероприятия по снижению количества выбросов осуществили акционерное общество «Газпромнефть-Омский НПЗ» (выполнение строительно-монтажных работ по строительству водоблока для установок каталитического крекинга) и общество с ограниченной ответственностью «Омсктехуглерод» (капитальный ремонт: фильтров доулавливания; котла в котельной) [61].

На рисунке 3.7 представлена карта загрязнения снежного покрова г. Омска и мест расположения зарегистрированных свалок.

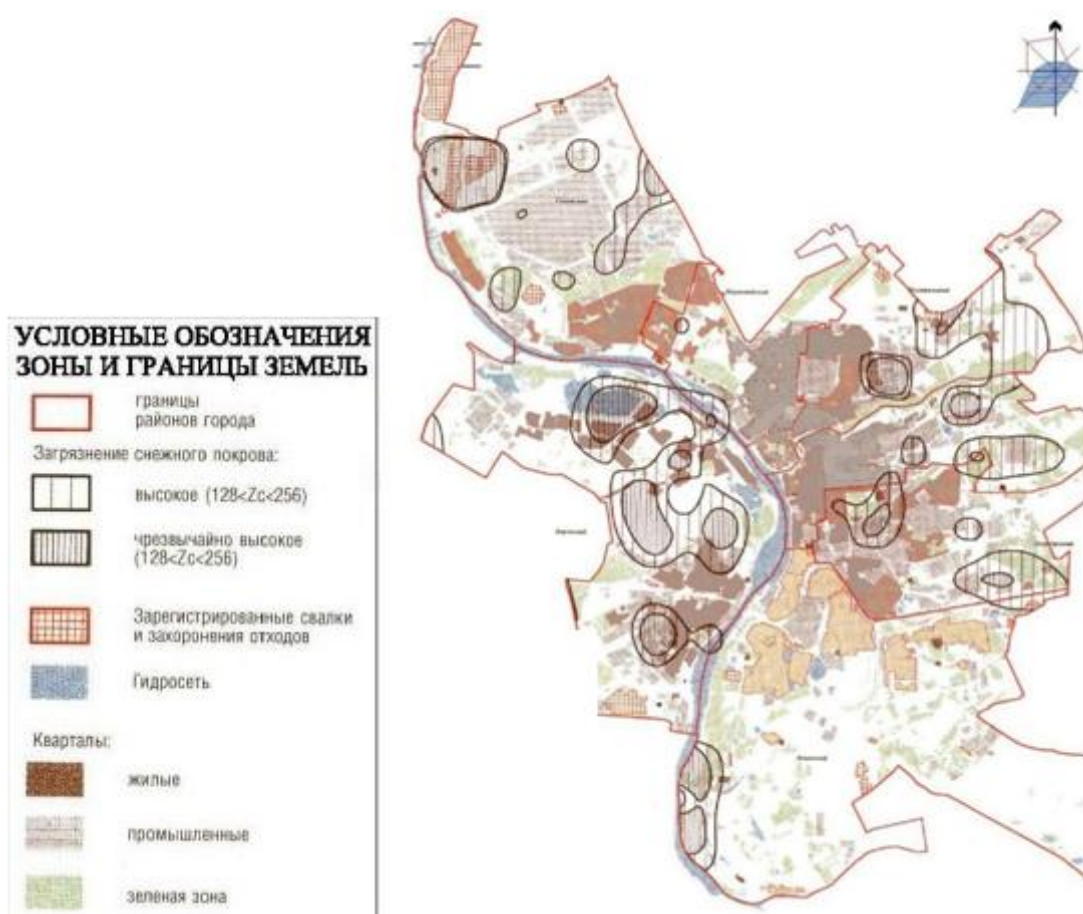


Рисунок 3.7 – Карта-схема загрязнения снежного покрова г. Омска и мест расположения свалок [61]

Качество поверхностных вод Омской области и г. Омска

Качество воды р. Иртыш в 2015 г. оценивается на уровне «очень загрязненная», относится к 3 «б» классу. Характерными загрязняющими веществами являются соединения меди. Наблюдается устойчивая загрязненность трудноокисляемыми органическими веществами, соединениями цинка, алюминия, фенолами.

Вода реки Омь во всех створах по-прежнему оценивается как «грязная». Характерными загрязняющими веществами для реки являются трудноокисляемые органические вещества (по ХПК), азот аммонийный, соединения меди.

Таким образом, в 2015 г. по сравнению с 2014 г. качество поверхностных вод Омской области незначительно ухудшилось. На протяжении ряда лет качество воды остается в пределах 3-4 классов, вода изменяется от «загрязненной» до «грязной» [61].

Характеристика отходов производства и потребления

В 2015 г. общий объем отходов производства и потребления, образовавшихся на территории Омской области, составил 2894,344 тыс. т, использованных, обезвреженных отходов – 841,549 тыс. т, захороненных – 493,138 тыс. т, размещенных на объектах хранения отходов - 1661,77 тыс. т.

Приоритетными видами экономической деятельности, определяющими объемы образования отходов, являются производство и распределение электроэнергии, газа и воды (63,3 % от общего объема образовавшихся отходов), сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство (15,4 %), обрабатывающие производства (12,7 %).

В соответствии с утвержденной методикой «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04), в 2015 году проведена оценка риска от химического загрязнения почвы.

В качестве исходных данных использовались результаты исследований проб почвы, выполненных испытательным лабораторным центром ФБУЗ

«Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» в 2012-2014 годах. В расчет включены 13 веществ, из них 7 канцерогены.

За последние 3 года суммарный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения Омской области от химического загрязнения почвы составил $2,3 \cdot 10^{-6}$, что соответствует допустимому диапазону риска. На 67,8% значение канцерогенного риска сформировано мышьяком, на 17,2% хромом, на 8,7% свинцом. Среди путей поступления: наибольший вклад в значение суммарного канцерогенного риска вносит пероральный путь – 51,4%, далее кожный – 31,7% и ингаляционный – 16,9% (рисунок 3.8) [61].

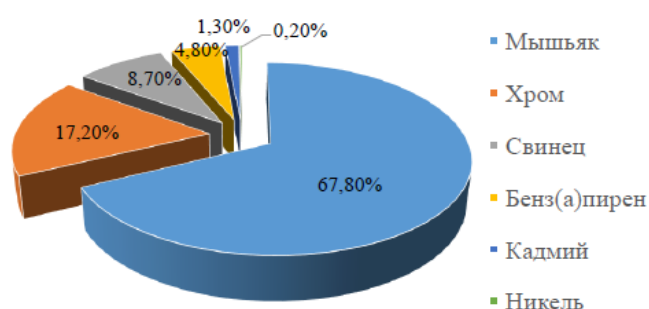


Рисунок 3.8 – Вклад химических загрязнителей почвы в значение суммарного канцерогенного риска для населения Омской области в 2012-2014 году [61]

Риск развития неканцерогенных эффектов от загрязнения почвы, как по отдельным веществам, так и по системам органов, можно рассматривать как не существенный [61].

Карта-схема земель г. Омска с установленными уровнями загрязнения представлена на рисунке 3.9.

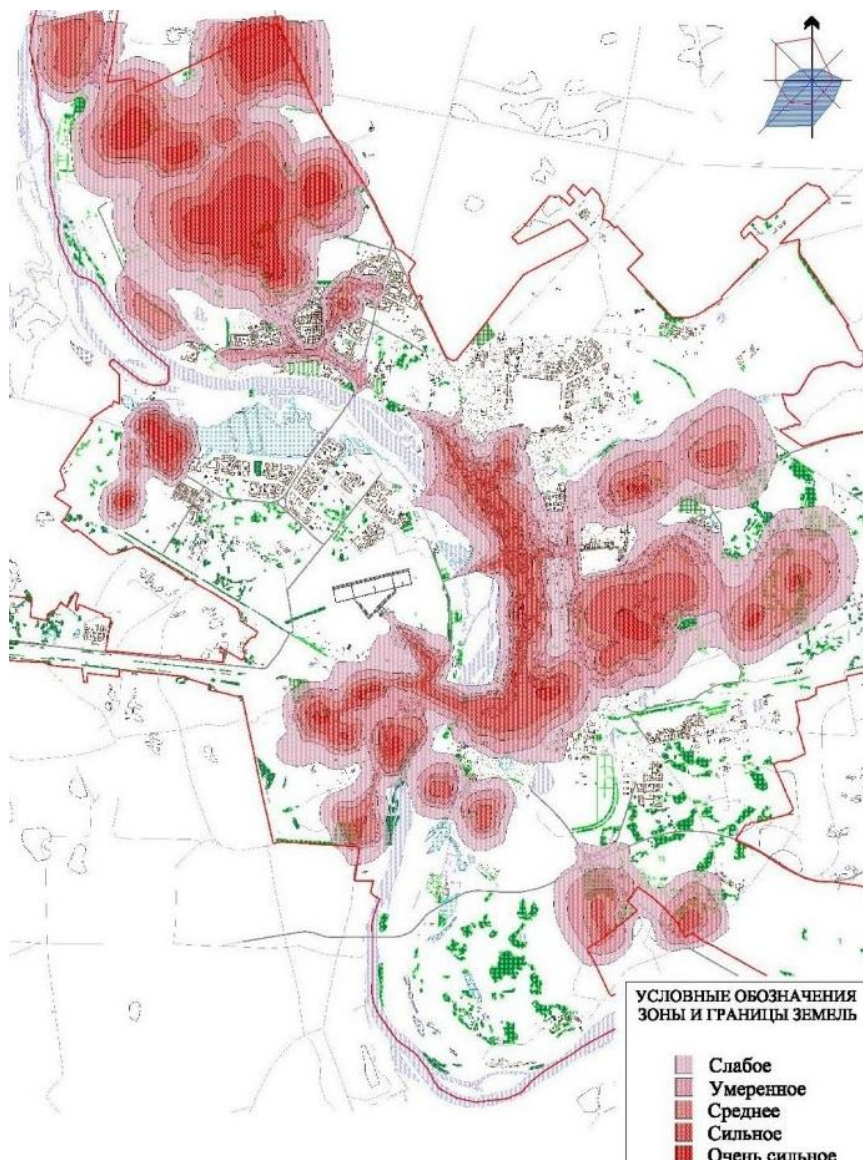


Рисунок 3.9 – Карта-схема земель г. Омска с установленными уровнями загрязнения [61]

Наиболее интенсивное загрязнение земель установлено для района расположения промышленной зоны ОНПЗ, в Центральном и Октябрьском районе, в районе расположения КРК, а также вдоль центральной трассы города по ул. Красный путь.

4 Геохимические особенности почв и листьев тополя

4.1 Геохимические особенности почв

Проблема загрязнения городских почв тяжелыми, редкими, редкоземельными и радиоактивными элементами в городах и промышленных районах с каждым годом становится актуальнее. Городские почвы представляют собой механический барьер на пути аэрогенных потоков техногенных веществ. Аэрогенные потоки загрязнителей являются приоритетным, но далеко не единственным источником привнесения в городские почвы вредных веществ, поскольку поступление их в почвы может происходить также из снеготалых вод, при внутрипочвенном и поверхностном стоке загрязненных вод и иными путями.

В результате длительного поступления в городские почвы вредных веществ происходит изменение их химического состава, что позволяет выявить геохимические особенности территории и предположить природу происхождения данных особенностей [54].

4.1.1 Геохимические особенности фоновых почв

Работы, направленные на установление фонового содержания тяжелых металлов и других элементов в природных почвах России, в том числе и в почвах Западной Сибири, выполнялись различными авторами. Наиболее известными из них являются труды А.П. Виноградова [17], Ф.Я. Сапрыкина [76], М.А. Глазовской и др. [22], Ю.Е. Саета и др. [20], А.И. Сысо [88].

В рамках проведения данной научно-исследовательской работы фоновой территорией выбран поселок Любинский, располагающийся в лесостепной зоне в 47 км на северо-запад от г. Омска. Данная территория характеризуется минимальной степенью техногенной нагрузки и располагается в противоположенной стороне от преобладающего направления ветра.

Результаты сопоставления содержания некоторых элементов в естественных почвах, установленное различными авторами, и в почвах фоновой территории представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика некоторых элементов (мг/кг) в почвах

Эл-ты	Западная Сибирь		Нормативные ПДК для почв (рекомендуемые)	Кларк для почв	Значения, принятые в работе в качестве фоновых
	Экогео- химия..., 1996	Сысо, 2004	Гигиеничес- кие..., 2006 (Kloke, 1980)	Виног- радов, 1957	
Fe, %	н.д.	2,51	н.д.	4	2,1
Ca, %	н.д.	н.д.	н.д.	1,4	1,9
Na, %	н.д.	н.д.	н.д.	6,3	0,5
As	22	13	2 (20)	5	7,2
Zn	76,6	73	(300)	50	58,8
Co	8,8	13	(50)	10	11,8
Cr	91,5	84	(100)	200	111,2
Sb	н.д.	н.д.	4,5 (5)	н.д.	0,99
Ba	383	541	н.д.	500	276,3
Sr	191,5	209	(10)	300	111,8

Примечание: н.д. – нет данных.

Содержание перечисленных химических элементов на фоновой территории аналогично литературным данным. Превышение относительно кларка для почв по Виноградову установлено для Ca, As, Zn, Co.

Фоновая территория располагается в лесостепной зоне. Почвенный покров данной территории представлен чередованием болотных, дерново-подзолистых и серых лесных почв. Почвообразующие породы территории представлены покровными и лёссовидными суглинками, песками и супесями различного происхождения, солонцеватыми породами.

В таблице 4.2 представлены содержания элементов в фоновых пробах.

Таблица 4.2 – Содержаний элементов (мг/кг) в почвах фоновой территории п. Любинский

Элемент	Na, %	Ca, %	Fe, %	Br	Ba	Co	Cr	Sb	As	Au	Rb	Cs	Sr
Содержа- ние $m \pm \sigma$	$0,5 \pm 0,03$	$1,9 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,1$	$276,3 \pm 26,4$	$11,8 \pm 2,8$	$111,2 \pm 4,1$	$0,99 \pm 0,009$	$7,2 \pm 0,7$	$0,01 \pm 0,001$	$58,7 \pm 1,4$	$2,6 \pm 0,4$	$111 \pm 3,8$
Элемент	Hf	Ta	Sc	Tb	Sm	Eu	La	Ce	Yb	Lu	U	Th	Th/U
Содержа- ние $m \pm \sigma$	$3,9 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,02$	$7,3 \pm 0,6$	$0,7 \pm 0,02$	$4,75 \pm 0,5$	$0,7 \pm 0,07$	$25,4 \pm 1,3$	$56,3 \pm 4,6$	$2,1 \pm 0,05$	$0,29 \pm 0,01$	$1,55 \pm 0,04$	$7,1 \pm 0,1$	4,6

Примечание: m – среднее содержание; σ – стандартная ошибка.

Содержание в почвах фоновой территории As, Be, Co, Li, Mn, Ti, V и Zr оказались достаточно высокими, в связи с чем при расчете коэффициентов концентраций данных элементов для почв районов расположения промышленных предприятий г. Омска, фоновые значения содержаний As, Co и V были заменены на фоновые концентрации, использованные в ранее проведенных исследованиях Трошиной Е.Н. [94], а отсутствующие значения для Be, Li, Ti, Zr, Mn- на среднее по выборке.

4.1.2 Геохимические особенности почв г. Омска

Территории городов характеризуются наличием аномалий со сложной структурой, поскольку из общего геохимически аномального фона выделяются отдельные интенсивные аномалии содержаний химических элементов, которые связаны с осуществлением своей деятельности отдельными производственными предприятиями и автотранспортом [35].

Территория города Омска характеризуется высокой техногенной нагрузкой, поскольку в непосредственной близости от жилых районов города сосредоточены крупные промышленные узлы, включающие преимущественно экологически опасные производства. Промышленность города представлена крупными предприятиями нефтеперерабатывающей, химической, топливно-энергетической, машиностроительной и металлообрабатывающей, строительной и иными отраслями производства, функционирование которых неизбежно оказывает воздействие на природную среду, способствуя при этом трансформации всех ее компонентов путём привнесения физических, химических агентов.

В результате привнесения вредных веществ происходит превышение их естественного уровня в городских почвах, изменение их химического состава и возникновение геохимических аномалий.

По результатам исследования 120 проб почв, выполненных Е.Н.Трошиной, определены концентрации в почве следующих металлов: титан, ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, мышьяк, стронций, свинец.

Превышение фоновых значений установлено для ванадия (в 1,2 раза), хрома (в 1,1 раза), железа (в 1,1 раза), кобальта (в 1,6 раза), меди (в 2,1 раза), цинка (в 1,4 раза).

Суммарный показатель загрязнения для функциональных зон Омска установлен на уровне $Z_c = 5,98$ ед. По степени опасности почвы обследованных территорий Омска относятся к категории «допустимые», т. е. для большинства случаев содержание компонента тяжелых металлов превышает фоновое, но не превышают ПДК. Приоритетными загрязняющими веществами почв территории города Омска являются хром, кобальт, мышьяк, медь, цинк, ванадий и железо [94].

Для анализа и сопоставления результатов исследований автора с результатами исследований других авторов использовались средние значения содержаний элементов в почвах, результаты описательной статистики (среднее, максимальное, минимальное значения; медиана; мода; асимметрия и ошибка асимметрии; эксцесс и ошибка эксцесса; стандартное отклонение; стандартная ошибка; коэффициент вариации). Также использовались величины коэффициентов концентраций, парной корреляции и кластерного анализа, выполненные с помощью пакета анализа STATISTICA 8.0. Также проводилась проверка на соответствие нормальному закону распределения элементов в выборке тестами Колмогорова-Смирнова и Хи-квадрат.

Результаты вычисления оценок числовых характеристик содержаний химических элементов в литогеохимических пробах, отобранных в соответствии с площадной сетью в сентябре 2015 года на территории г. Омска, представлены в таблице 4.3. Метод аналитического исследования - инструментальный нейтронно-активационный анализ.

Таблица 4.3 – Числовые характеристики содержания микроэлементов в литохимических пробах почв г. Омска (по данным ИНАА, объем выборки: 30 проб)

Описательная статистика (База данных: Почвы, Омск, ИНАА)												
Эл.	Ср. зн.	Медиа-на	Мода	Мин.	Макс.	Ст. откл.	Коэф. вар.	Ст. ош.	Асим.	Ош. асим.	Эксц.	Ош. эксц.
Sm	5,4	4,6	3,6	2,3	14,1	2,8	52,0	0,5	1,8	0,4	3,2	0,8
Ce	61,4	54,1	Multi	29,5	161,8	29,4	47,9	5,4	2,0	0,4	4,7	0,8
Ca	1,4	1,3	Multi	0,8	3,1	0,5	32,6	0,1	1,6	0,4	4,6	0,8
Lu	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	25,3	0,0	0,3	0,4	-0,7	0,8
U	1,6	1,5	1,1	0,6	2,6	0,5	33,9	0,1	0,0	0,4	-0,7	0,8
Th	5,6	5,3	Multi	2,8	11,2	1,9	34,4	0,3	0,9	0,4	1,0	0,8
Cr	132,7	119,1	Multi	56,8	323,7	55,3	41,6	10,1	2,2	0,4	5,7	0,8
Yb	1,8	1,7	Multi	1,1	2,7	0,4	22,2	0,1	0,4	0,4	-0,1	0,8
Au	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	0,0	24,5	0,0	-0,1	0,4	0,6	0,8
Hf	4,1	4,2	Multi	1,9	6,5	1,1	26,4	0,2	0,2	0,4	-0,4	0,8
Ba	327,2	341,7	Multi	189	493,8	78,2	23,9	14,3	0,0	0,4	-0,7	0,8
Sr	69,9	77,4	77,2	44,2	159,8	55,4	79,2	10,1	0,0	0,4	-1,4	0,8
Nd	26,3	22,6	Multi	10,9	87,2	15,3	57,9	2,8	2,5	0,4	8,2	0,8
As	5,6	5,1	Multi	1,8	11,5	2,3	40,8	0,4	0,7	0,4	0,5	0,8
Br	5,4	4,9	4,9	1,3	13,7	3,2	58,9	0,6	0,7	0,4	0,6	0,8
Cs	2,3	2,1	Multi	0,9	4,1	0,9	38,4	0,2	0,4	0,4	-0,6	0,8
Tb	0,8	0,7	Multi	0,2	1,4	0,3	35,6	0,0	0,4	0,4	0,0	0,8
Sc	5,9	5,5	Multi	2,9	9,9	2,0	33,7	0,4	0,4	0,4	-0,9	0,8
Rb	52,7	53,9	Multi	31,2	77,2	13,0	24,7	2,4	0,0	0,4	-0,9	0,8
Fe	1,8	1,7	2,6	0,9	2,8	0,5	28,7	0,1	0,3	0,4	-1,1	0,8
Zn	122,2	94,4	107,8	48,5	514,5	90,1	73,8	16,5	3,2	0,4	12,3	0,8
Ta	0,5	0,5	Multi	0,2	0,8	0,2	35,7	0,0	0,3	0,4	-0,7	0,8
Co	10,2	10,4	Multi	5,6	14,1	2,7	26,6	0,5	-0,3	0,4	-1,3	0,8
Na	0,7	0,8	0,8	0,5	1,1	0,1	17,7	0,0	0,5	0,4	1,1	0,8
Eu	0,9	0,9	Multi	0,4	2,8	0,5	53,2	0,1	2,2	0,4	5,7	0,8
La	26,8	23,1	Multi	12,3	79,1	14,1	52,6	2,6	2,2	0,4	5,8	0,8
Sb	1,2	1,1	Multi	0,4	3,0	0,5	45,4	0,1	1,7	0,4	4,4	0,8

На основе полученных значений построена диаграмма размаха методом медиана/квартиль/размах (рисунок 4.1).

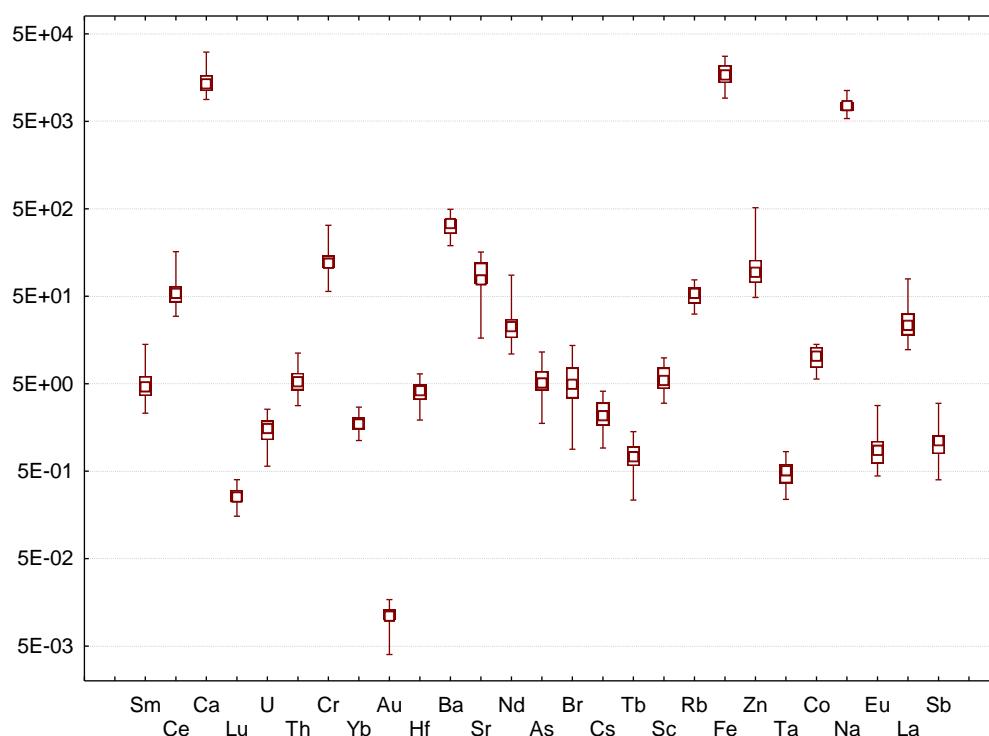


Рисунок 4.1 – Диаграмма размаха концентраций химических элементов в почвах г. Омска (по данным ИНАА)

Согласно полученным коэффициентам вариации для большинства химических элементов характерно равномерное распределение, за исключением Sm, Sr, Nd, Br, Zn, Eu, La, распределение которых по выборке неравномерное (коэффициент вариации >50).

Для получения объективных статистических выводов, необходимо предварительно проверить гипотезу о нормальном распределении содержаний химических элементов.

Для выполнения данной задачи проведено 3 теста:

1) отношения показателей асимметрии и эксцесса к их стандартным ошибкам;

2) тест Колмагорова - Смирнова и Хи-квадрат тест, в результате выполнения которого рассчитываем значение p и соотносим его с уровнем значимости отличия гистограммы распределения исследуемого элемента в выборке от кривой плотности нормального распределения.

Результаты тестов и заключение о характере распределения элементов представлено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Критерии сравнения с нормальным законом распределения содержаний химических элементов в исследуемых почвах

Элемент	Пробы почв (территория города Омска, ИНАА)				
	t1	t2	Хи-квадрат	Колмогорова - Смирнова (p)	Заключение
Sm	4,1	3,9	0,005	n.s.	Не соответствует
Ce	4,7	5,6	0,04	<0,10	Не соответствует
Ca	3,8	5,5	0,3	n.s.	Соответствует
Lu	0,6	-0,8	0,53	n.s.	Соответствует
U	0,1	-0,9	0,6	n.s.	Соответствует
Th	2,1	1,2	-	n.s.	Соответствует
Cr	5,1	6,8	-	<0,10	Не соответствует
Yb	0,9	-0,1	0,62	n.s.	Соответствует
Au	-0,1	0,7	-	n.s.	Соответствует
Hf	0,4	-0,5	-	n.s.	Соответствует
Ba	-0,1	-0,8	0,19	n.s.	Соответствует
Sr	-0,1	-1,7	0,06	<0,05	Не соответствует
Nd	6,0	9,9	0,0002	<0,05	Не соответствует
As	1,7	0,6	0,07	n.s.	Соответствует
Br	1,7	0,7	0,32	n.s.	Соответствует
Cs	0,9	-0,8	0,11	n.s.	Соответствует
Tb	0,9	0,0	0,24	n.s.	Соответствует
Sc	0,9	-1,1	0,15	n.s.	Соответствует
Rb	0,1	-1,1	0,31	n.s.	Соответствует
Fe	0,7	-1,3	-	n.s.	Соответствует
Zn	7,4	14,8	-	<0,05	Не соответствует
Ta	0,7	-0,9	0,8	n.s.	Соответствует
Co	-0,6	-1,6	0,06	n.s.	Соответствует
Na	1,1	1,3	0,1	n.s.	Соответствует
Eu	5,1	6,8	-	<0,15	Не соответствует
La	5,1	6,9	-	<0,10	Не соответствует
Sb	4,1	5,3	-	n.s.	Соответствует

Примечание: n.s. - незначимое отличие от кривой плотности нормального распределения

Нормальный закон распределения содержаний химических элементов в почвах г. Омска установлен для всех химических элементов, кроме Sm, Ce, Cr, Sr, Nd, Zn, Eu, La, для них установлен закон распределения отличный от нормального закона.

Гистограммы распределения содержания элементов с кривой плотности нормального распределения и результатами тестов Колмогорова-Смирнова и Хи-квадрат представлены на рисунке 4.2.

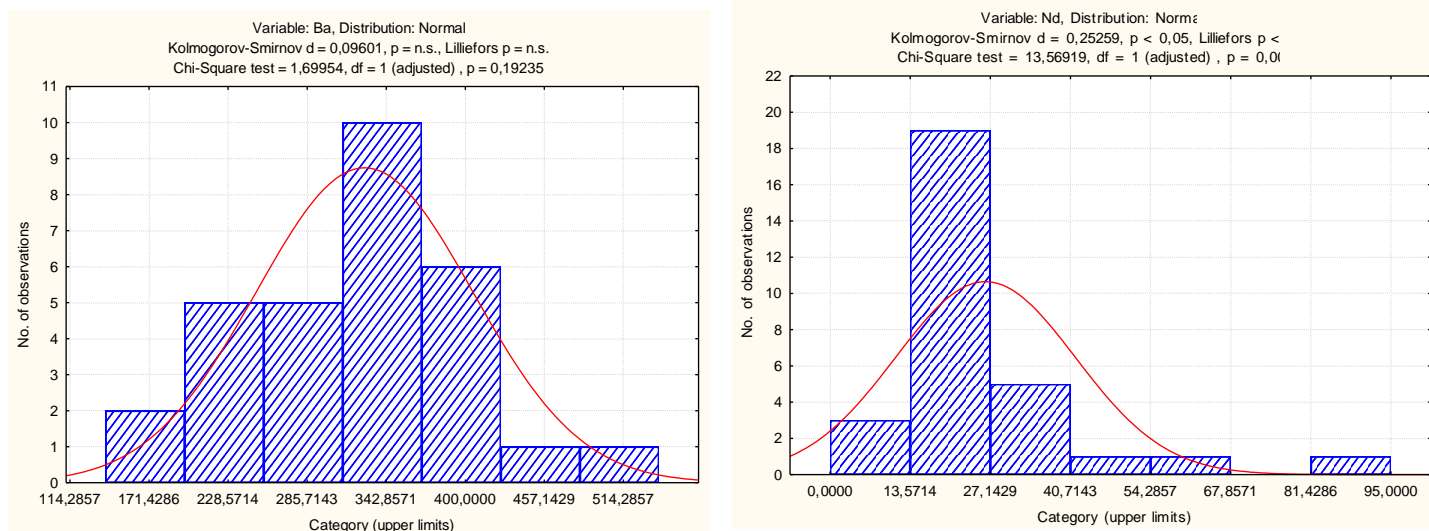


Рисунок 4.2 – Гистограммы распределения содержания элементов с кривой плотности нормального распределения: элемент Ba распределен по нормальному закону, Nd – по отличному от нормального закона

Для выявления значимых корреляционных взаимосвязей химических элементов в процессе обработки результатов применен непараметрический тест - коэффициент корреляции Спирмена, поскольку в выборке для ряда элементов характерно распределение отличное от нормального закона.

При анализе корреляционной матрицы для выявления наиболее значимых корреляционных связей и формирования граф-ассоциаций критическое значение корреляции повышено до величины 0,9.

Результаты вычисления R Спирмена представлены на рисунке 4.3.

	Spearman Rank Order Correlations (База почвы)																											
	MD pairwise deleted																											
	Marked correlations are significant at p <.01000																											
Variable	Sm	Ce	Ca	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	Nd	As	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe	Zn	Ta	Co	Na	Eu	La	Sb	
Sm	1,00																											
Ce	0,99	1,00																										
Ca	0,40	0,40	1,00																									
Lu	0,60	0,63	0,59	1,00																								
U	0,48	0,51	0,57	0,73	1,00																							
Th	0,78	0,80	0,54	0,89	0,65	1,00																						
Cr	0,23	0,27	0,31	0,33	0,10	0,37	1,00																					
Yb	0,69	0,71	0,55	0,93	0,79	0,84	0,19	1,00																				
Au	0,07	0,10	0,06	0,11	0,03	0,14	0,03	0,08	1,00																			
Hf	0,50	0,52	0,36	0,85	0,67	0,79	0,14	0,81	0,02	1,00																		
Ba	0,81	0,82	0,55	0,76	0,65	0,77	0,36	0,77	0,07	0,64	1,00																	
Sr	0,05	0,01	0,06	0,20	0,02	0,16	0,01	0,14	0,10	0,20	-0,12	1,00																
Nd	0,90	0,91	0,42	0,64	0,43	0,83	0,36	0,67	0,08	0,52	0,74	0,08	1,00															
As	0,61	0,57	0,50	0,56	0,33	0,61	0,03	0,53	0,05	0,35	0,53	-0,20	0,55	1,00														
Br	0,47	0,55	0,27	0,65	0,53	0,58	0,16	0,63	0,05	0,51	0,50	-0,05	0,55	0,28	1,00													
Cs	0,48	0,54	0,43	0,89	0,70	0,83	0,27	0,80	0,20	0,75	0,57	-0,07	0,57	0,40	0,66	1,00												
Tb	0,70	0,69	0,46	0,74	0,53	0,77	0,29	0,73	0,12	0,60	0,64	0,06	0,66	0,62	0,47	0,66	1,00											
Sc	0,52	0,56	0,50	0,97	0,72	0,87	0,35	0,87	0,14	0,85	0,68	-0,19	0,62	0,48	0,64	0,93	0,66	1,00										
Rb	0,58	0,60	0,42	0,90	0,66	0,89	0,23	0,83	0,21	0,83	0,64	-0,05	0,67	0,50	0,59	0,94	0,78	0,92	1,00									
Fe	0,65	0,68	0,61	0,97	0,72	0,92	0,43	0,88	0,10	0,79	0,82	-0,19	0,71	0,59	0,65	0,85	0,72	0,95	0,88	1,00								
Zn	0,43	0,40	0,19	0,12	0,06	0,15	0,07	0,15	0,08	0,05	0,43	0,03	0,35	0,32	0,12	-0,06	0,17	0,06	-0,02	0,22	1,00							
Ta	0,51	0,55	0,19	0,47	0,25	0,58	0,38	0,43	0,20	0,35	0,54	-0,30	0,52	0,43	0,25	0,39	0,57	0,42	0,49	0,48	0,10	1,00						
Co	0,50	0,54	0,42	0,85	0,57	0,78	0,36	0,74	0,22	0,74	0,71	-0,28	0,55	0,44	0,64	0,79	0,60	0,85	0,78	0,86	0,22	0,38	1,00					
Na	0,41	0,38	0,32	0,54	0,49	0,56	0,18	0,52	0,23	0,59	0,40	0,10	0,34	0,42	0,13	0,48	0,70	0,54	0,62	0,50	-0,08	0,44	0,33	1,00				
Eu	0,92	0,93	0,42	0,75	0,57	0,89	0,39	0,78	0,06	0,68	0,85	-0,03	0,88	0,52	0,50	0,64	0,74	0,69	0,71	0,78	0,32	0,62	0,62	0,52	1,00			
La	0,93	0,95	0,47	0,73	0,63	0,88	0,37	0,77	0,06	0,60	0,82	-0,03	0,91	0,57	0,61	0,65	0,72	0,68	0,70	0,78	0,28	0,61	0,60	0,45	0,95	1,00		
Sb	0,28	0,23	0,40	0,17	0,19	0,13	0,09	0,17	0,10	0,06	0,33	0,11	0,17	0,56	0,05	0,01	0,36	0,06	0,07	0,23	0,56	0,04	0,23	0,03	0,16	0,16	1,00	

Рисунок 4.3 – Результаты вычисления R Спирмена для почв г. Омска (полужирным подчеркнутым указаны значимые корреляционные связи).

Таким образом, для формирования граф-ассоциаций выделено 11 элементов (Fe, Sc, Cs, Lu, Rb, Yb, Sm, Ce, Eu, La, Nd) (рисунок 4.4). Для всех элементов характерны положительные корреляционные связи.

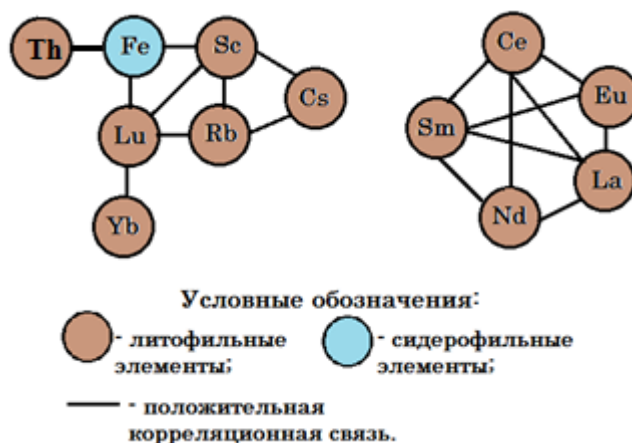


Рисунок 4.4 – Граф-ассоциация элементов для исследуемых проб почв

Большинство элементов относятся к группе литофильных элементов и лишь Fe является представителем сидерофильной группы элементов.

Однако, маловероятно, что формирование корреляционных связей между элементами обусловлено природными факторами и связано с особенностями геологического строения территории, поскольку данный спектр элементов является характерным для нефтеперерабатывающей, химической, приборостроительной и электронной промышленности, и, скорее всего, корреляционные связи возникли путем поступления данных элементов в окружающую среду в результате деятельности промышленных предприятий.

В результате построения дендрограммы территории г. Омска, сформировались 3 крупных кластера, которые представлены на рисунке 4.5.

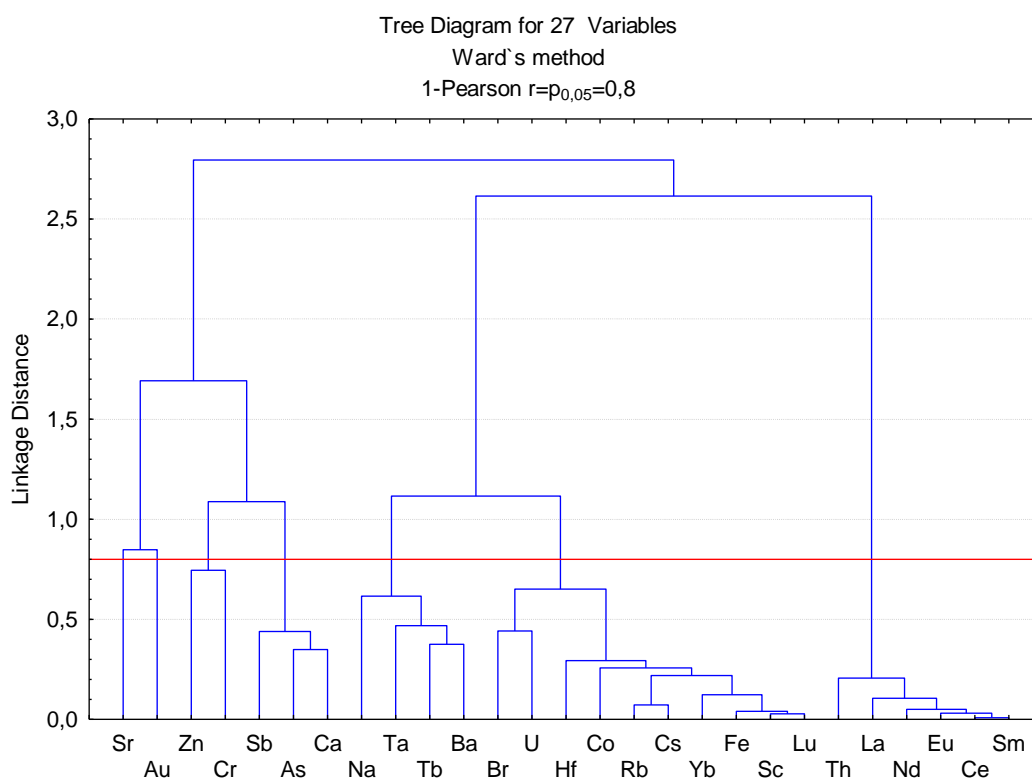


Рисунок 4.5 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в почвах г. Омска (1-Person $r_{0,05} = 0,8$; объем - 30 проб)

На дендрограмме корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в почвах города выделяются следующие ассоциации со значимыми коэффициентами: Sm-Ce-Eu-Nd-La-Th, Lu-Sc-Fe-Yb, Cs-Rb, менее значимые связи в ассоциациях Tb-Ba, As-Ca, Cr-Zn.

Данные ассоциации являются характерными элементами для нефтеперерабатывающих, металлургических и металлообрабатывающих предприятий, топливно-энергетического комплекса.

Для сокращения числа рассматриваемых микроэлементов и определение структуры взаимосвязей между микроэлементами проведен факторный анализ методом главных компонент для семи факторов с вращением Varimax, которое добивается максимальной дисперсией. В таблице 4.5 представлены 7 факторов и значимость их влияния на дисперсию.

Таблица 4.5 – Дисперсия, объясненная последовательностью всех собственных значений

	Собственные значения (Исходная база данных) Метод: Главные компоненты			
	Собственное значение	% Общей дисперсии	Кумулят. собств. знач.	Кумулятивн. %
1	1284	47,3	12,8	47,3
2	3,2	11,8	15,9	59,1
3	2,5	9,3	18,5	68,4
4	1,6	5,8	20,1	74,2
5	1,4	5,1	21,4	79,3
6	1,2	4,4	22,6	83,7
7	0,9	3,5	23,5	87,1

Общая значимость, обусловленная влиянием 7 факторов, составляет 87%. При этом наиболее значимое влияние оказывают первый и второй фактор. Факторные нагрузки представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Вращаемые факторные нагрузки в выбранной 2-х факторной модели

Элемент	Sm	Ce	Ca	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	Nd	As
Фактор-1	0,2	0,2	0,4	0,9	0,8	0,6	-0,01	0,1	0,1	0,8	0,6	-0,1	0,2	0,3
Фактор-2	1,0	1,0	0,05	0,2	0,1	0,7	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	1,0	0,5
Элемент	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe	Zn	Ta	Co	Na	Eu	La	Sb	Expl.Var
Фактор-1	0,6	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	-0,2	0,2	0,8	0,4	0,3	0,3	-0,01	8,5
Фактор-2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,05	0,4	0,3	0,2	0,9	0,9	0,1	6,5

Первый фактор оказывает значимую нагрузку на дисперсию компонентов Lu, U, Hf, Sc, Rb, Fe, Co. Нагрузка, обусловленная воздействием второго фактора, приходится на Sm, Ce, Th, Eu, La (рисунок 4.6).

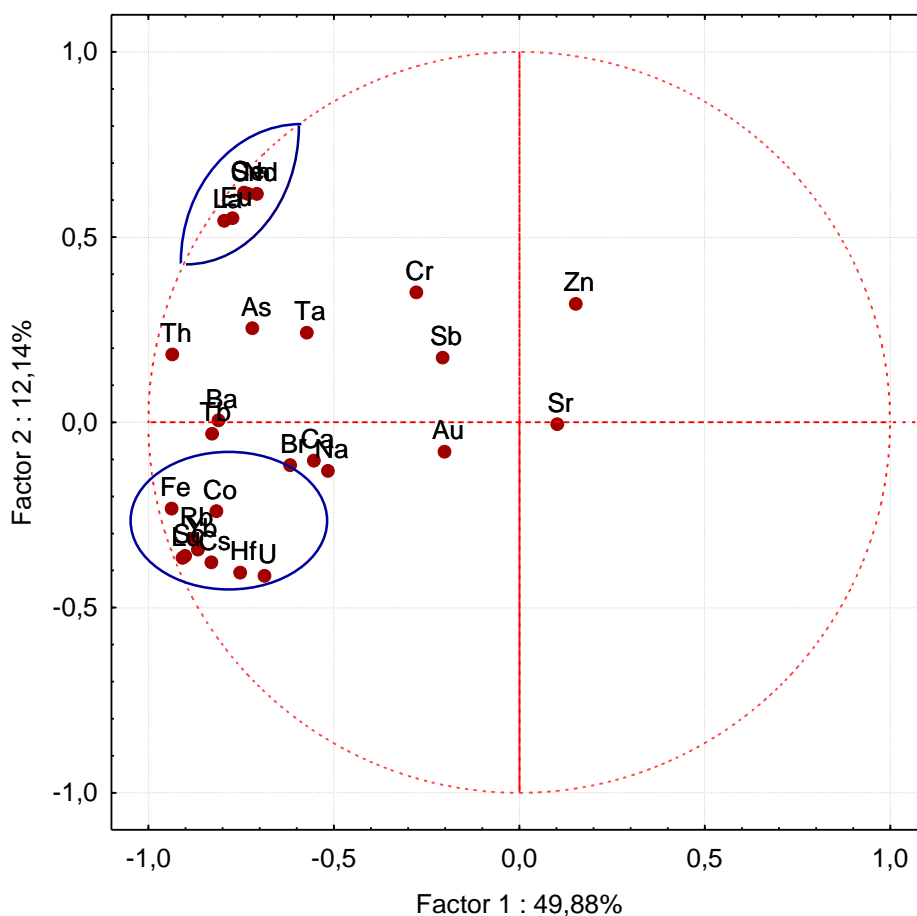


Рисунок 4.6 – Круговая диаграмма факторных нагрузок химических элементов в почвах г. Омска

По результатам исследований почв для территории г. Омска, районов города, а также для фоновой территории установлено среднее содержание химических элементов (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Средние содержания элементов в почвах районов г. Омска, мг/кг

Эл-т	Районы					Среднее по г. Омску (30 проб)	Фон (п. Любинский)
	Совесткий (9 проб)	Центральный (3 пробы)	Октябрьский (10 проб)	Ленинский (5 проб)	Кировский (3 пробы)		
Na, %	0,7±0,04	0,8±0,2	0,7±0,04	0,8±0,02	0,8±0,1	0,7±0,02	0,5±0,03
Ca, %	1,7±0,2	1,2±0,1	1,2±0,1	1,4±0,2	1,6±0,3	1,4±0,1	1,9±0,4

Продолжение таблицы 4.7

Fe, %	2,1±0,2	1,3±0,1	1,6±0,2	1,9±0,2	2,0±0,2	1,8±0,1	2,1±0,2
Br	7,0±1,4	3,8±1,9	3,9±0,7	5,5±0,8	7,3±2,6	5,4±0,6	6,3±1,1
Ba	340,5±32,0	292,4±36,7	299,8±23,6	375,8±42,6	332,3±9,7	327,2±14,3	276,3±26,4
Co	11,1±1,1	5,9±0,2	10,2±0,8	10,9±1,0	10,8±1,0	10,2±0,5	11,8±2,8
Cr	134,3±22,8	193,9±65,1	115,5±10,6	142,0±13,8	108,3±16,8	132,7±10,1	111,2±4
Sb	1,4±0,3	0,8±0,3	1,1±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	1,2±0,1	0,99±0,1
As	6,5±0,9	4,3±0,8	4,8±0,6	6,0±1,1	5,9±0,5	5,6±0,4	7,2±0,7
Au	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,002
Zn	96,3±20,6	125,1±67,7	142,3±41,8	134,2±22,8	109,8±28,6	122,2±16,5	58,8±14,6
Редкие элементы							
Rb	57,8±5,4	40,8±3,4	49,9±4,6	52,0±4,5	59,6±2,5	52,7±2,4	58,7±1,4
Cs	2,6±0,4	1,6±0,3	2,0±0,3	2,1±0,3	2,8±0,3	2,3±0,2	2,6±0,4
Sr	59,2±13,0	117,4±3,1	75,8±12,7	60,1±15,1	155,5±31,8	70,0±7,0	111,8±31,2
Hf	4,3±0,4	3,3±0,5	3,8±0,4	4,2±0,3	4,9±0,9	4,1±0,2	3,9±0,1
Ta	0,5±0,1	0,5±0,1	0,5±0,06	0,6±0,1	0,4±0,1	0,5±0,03	0,7±0,03
Sc	7,0±0,9	4,1±0,4	5,2±0,6	5,9±0,6	6,9±0,7	5,9±0,4	7,3±0,6
Редкоземельные элементы							
Tb	0,9±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,05	0,7±0,03
Sm	5,6±1,2	5,4±1,7	4,5±0,6	7,3±1,9	4,3±0,4	5,4±0,5	4,75±0,5
Eu	1,0±0,2	0,9±0,2	0,8±0,1	1,4±0,4	0,8±0,1	0,9±0,1	0,7±0,07
La	30,4±5,2	23,1±5,1	21,1±2,2	36,4±11,4	22,9±1,8	26,8±2,6	25,4±1,3
Ce	64,2±11,7	60,6±14,9	51,7±5,6	82,4±21,9	51,3±3,5	61,4±5,4	56,3±4,6
Yb	1,9±0,2	1,5±0,1	1,6±0,1	1,7±35,2	1,9±0,2	1,8±0,07	2,1±0,05
Lu	0,3±0,03	0,2±0,02	0,2±0,02	0,3±0,01	0,3±0,02	0,3±0,01	0,29±0,01
Nd	27,2±4,7	26,2±7,1	21,0±2,4	38,3±13,3	21,3±3,3	26,3±2,8	25,6±0,6
Радиоактивные элементы							
Th	6,2±0,7	4,3±0,5	4,9±0,5	6,6±1,3	5,7±0,8	5,6±0,3	7,1±0,1
U	1,8±0,2	1,2±0,2	1,4±0,2	1,4±0,1	2,0±0,2	1,6±0,1	1,55±0,04
Индикаторные отношения элементов							
Th/U	3,4	3,5	3,5	4,7	2,9	3,5	4,5

Примечание: в таблице приведены результаты инструментального нейтронно-активационного анализа; среднее±стандартная ошибка; жирным шрифтом выделены значения, превышающие среднее по г. Омску.

По результатам анализа для почв территории г. Омска выявлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов.

Относительно содержания химических элементов в фоновых пробах, на территории города Омска происходит накопление таких элементов, как Zn, Eu, Cr, Ba, Sb, Sm, Td, Ce, La (рисунок 4.7).

Минимальное превышение фонового содержания составляет 1,1 раза для La, максимальное - 2,1 раза для Zn.

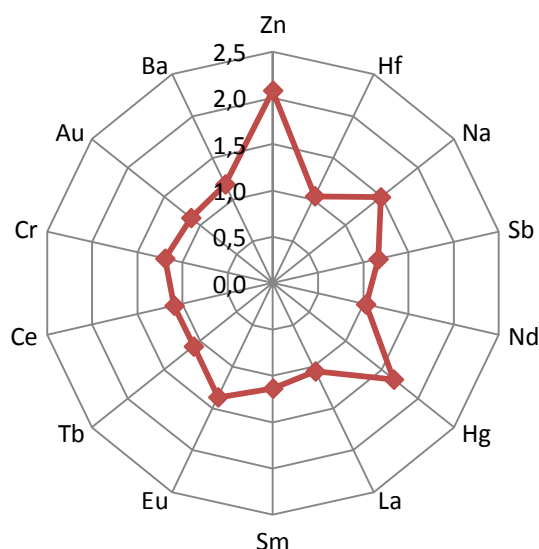


Рисунок 4.7 – Коэффициенты концентраций элементов, относительно фона в почвах г. Омска

Рассчитанный суммарный показатель загрязнения почв редкими, редкоземельными и другими элементами при учете коэффициентов концентрации более 1 в среднем для территории города Омска составляет 4,7 единиц, что при сопоставлении с установленной градацией свидетельствует о низкой степени загрязнения. Основной вклад в значение суммарного показателя загрязнения почв вносят такие элементы, как Zn ($K_k=2,1$), Hg ($K_k=1,7$), Eu ($K_k=1,4$), Cr ($K_k=1,2$).

Максимальное значение суммарного показателя загрязнения по городу достигает 17 единиц, что соответствует средней степени загрязнения. Карта-схема распределения значений суммарного показателя загрязнения территории города представлена на рисунке 4.8.

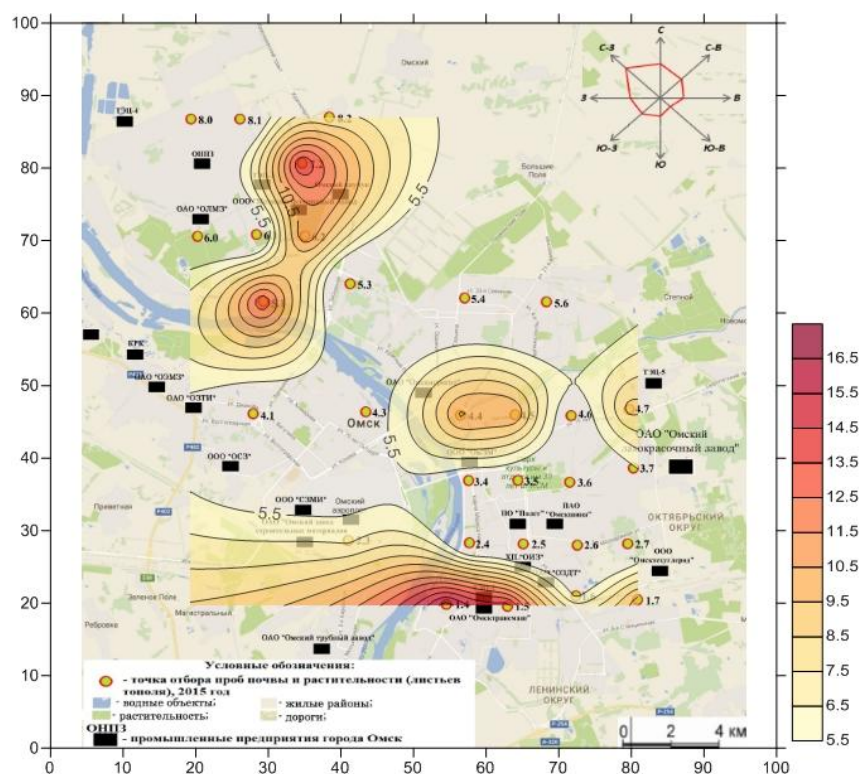
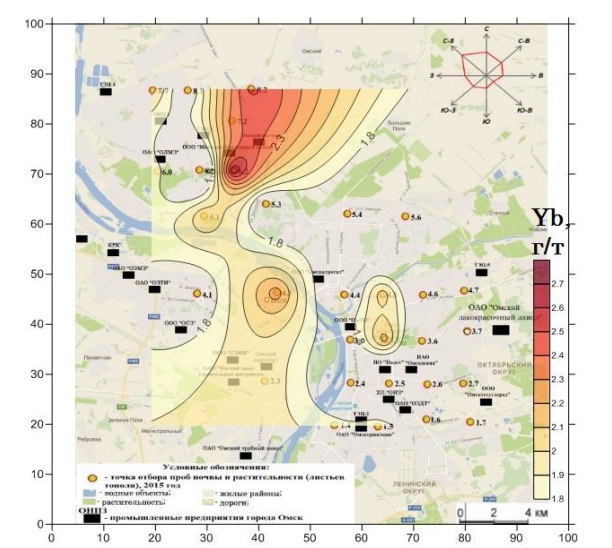
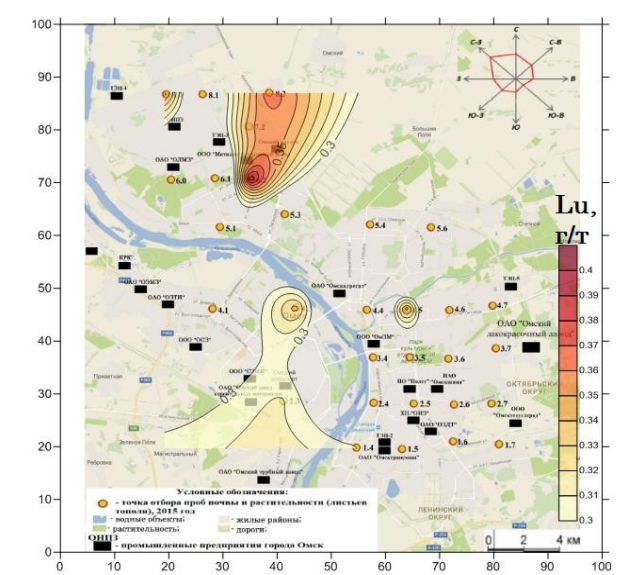
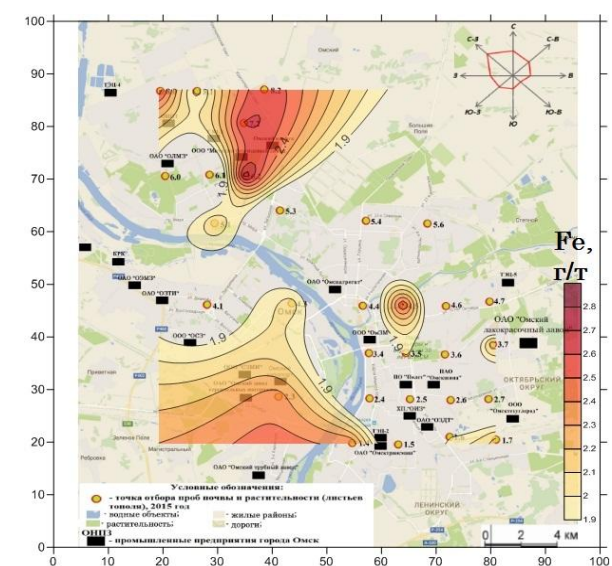
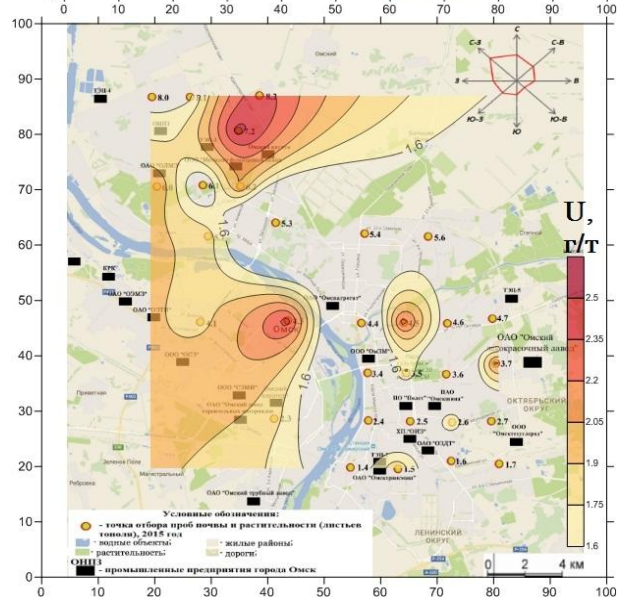
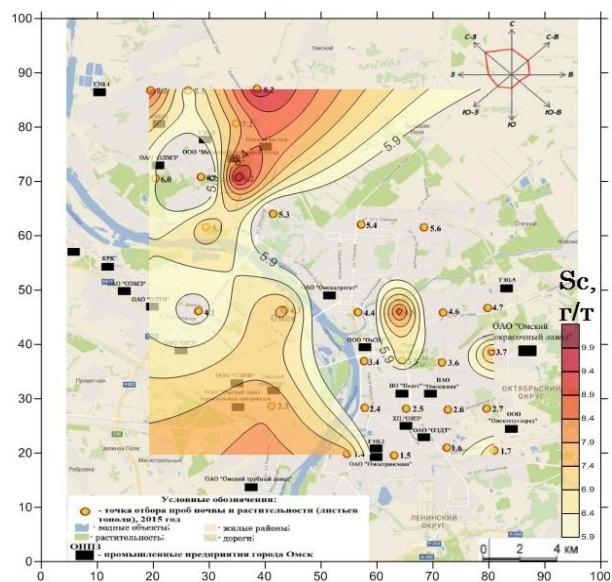
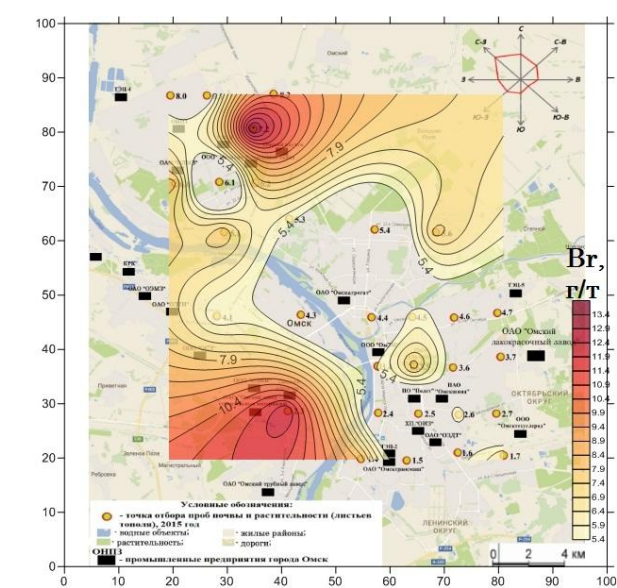


Рисунок 4.8 – Карта-схема распределения значений суммарного показателя загрязнения почв территории города Омска, ед.

На карте-схеме ярко выражены ореолы повышенного значения суммарного показателя загрязнения относительно среднего по городу. Их локализация приходится на северо-восточную и южную часть города, менее выражены в центральной части. В пределах данных ореолов располагаются и функционируют предприятия нефтеперерабатывающей, химической, машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности.

Проведенные исследования позволили выделить в пределах территории города Омска ореолы с повышенными содержаниями относительно фоновой территории некоторых химических элементов. Об этом свидетельствуют карты-схемы пространственного распределения химических элементов в пределах города.

Схожее пространственное распределение свойственно таким элементам, как Br, Cr, Cs, Fe, Hf, Lu, Rb, Sb, Sc, U, Yb (рисунок 4.9).



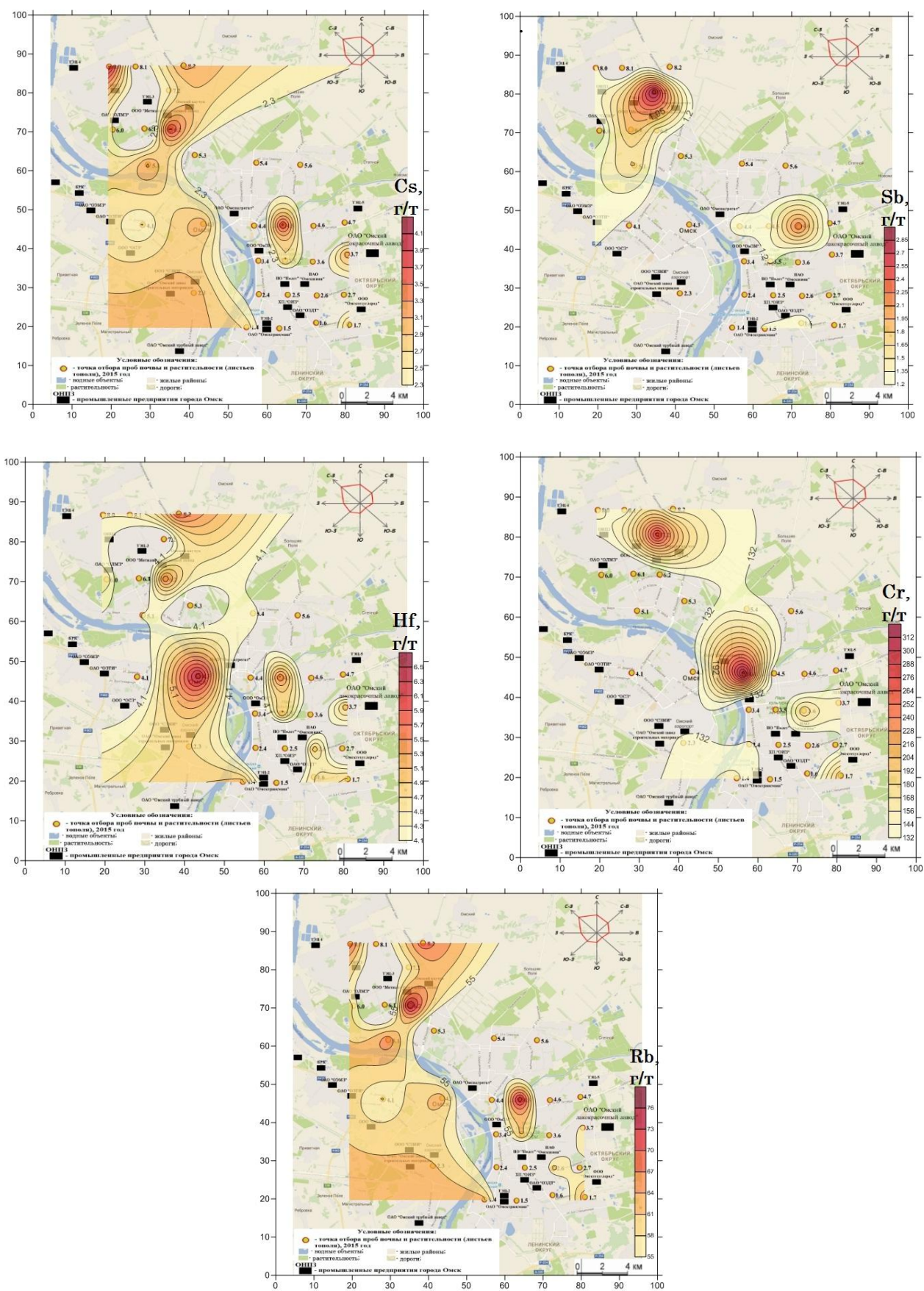


Рисунок 4.9 – Карты распределения содержаний элементов в почвах

Ореолы повышенных содержаний данных элементов относительно фоновых значений отчетливо просматриваются в районе расположения промышленной зоны ОНПЗ, включающей в себя помимо нефтеперерабатывающего завода и иные нефтехимические производства, в том числе метизно-фланцевый завод, каучуковый завод, крупные ТЭЦ, функционирующие как на природном газе, так и на каменном угле, литейно-механическое производство.

Геохимическая специализация данного промышленного узла и накопление в почвах Yb, Lu, Hf, Rb, Sc, Cs вероятнее всего, связано с использованием на Омском нефтеперерабатывающем заводе цеолит катализаторов в своём производстве, обогащенных редкоземельными и редкими элементами.

Накопление в почвах Br, Cr, Fe, Sb и U связано, скорее всего, с сопутствующим химическим, литейно-механическим производством, а также функционированием объектов топливно-энергетического комплекса, поскольку данные элементы входят в состав используемого угля и, следовательно, в процессе сжигания могут поступать в компоненты окружающей среды [3,47,71].

Также ореолы повышенных содержаний Hf, Cr, Rb наблюдаются в районе Омского агрегатного завода и завода металлоизделий, что может быть объяснено применением данных элементов в сплавах.

Ореол повышенного содержания Br фиксируется в районе расположения Омского аэропорта, комбината строительных материалов и завода металлоизделий, что может быть вызвано добавлением данного элемента в топливо или накоплением за счет дальнего переноса от ОНПЗ, где Br активно используется в производстве.

Кроме того, схожее пространственное распределение содержаний характерно и для таких элементов, как As, Au, Ba, Ce, Co, Eu, La, Nd, Sm, Sr, Ta, Tb, Th. Карты-схемы пространственного распределения содержаний данных элементов представлены на рисунке 4.10.

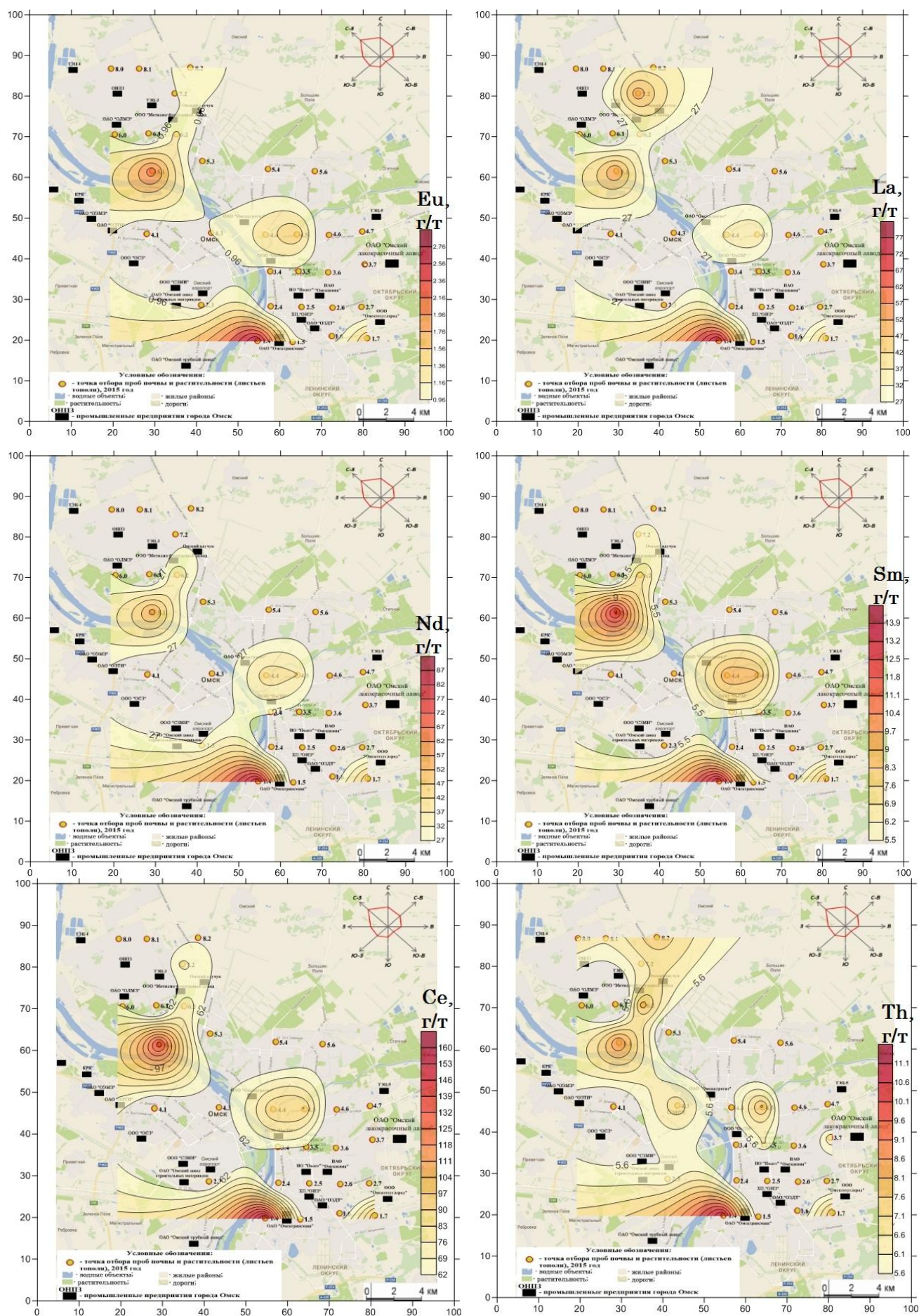


Рисунок 4.10 – Карты распределения содержаний элементов в почвах

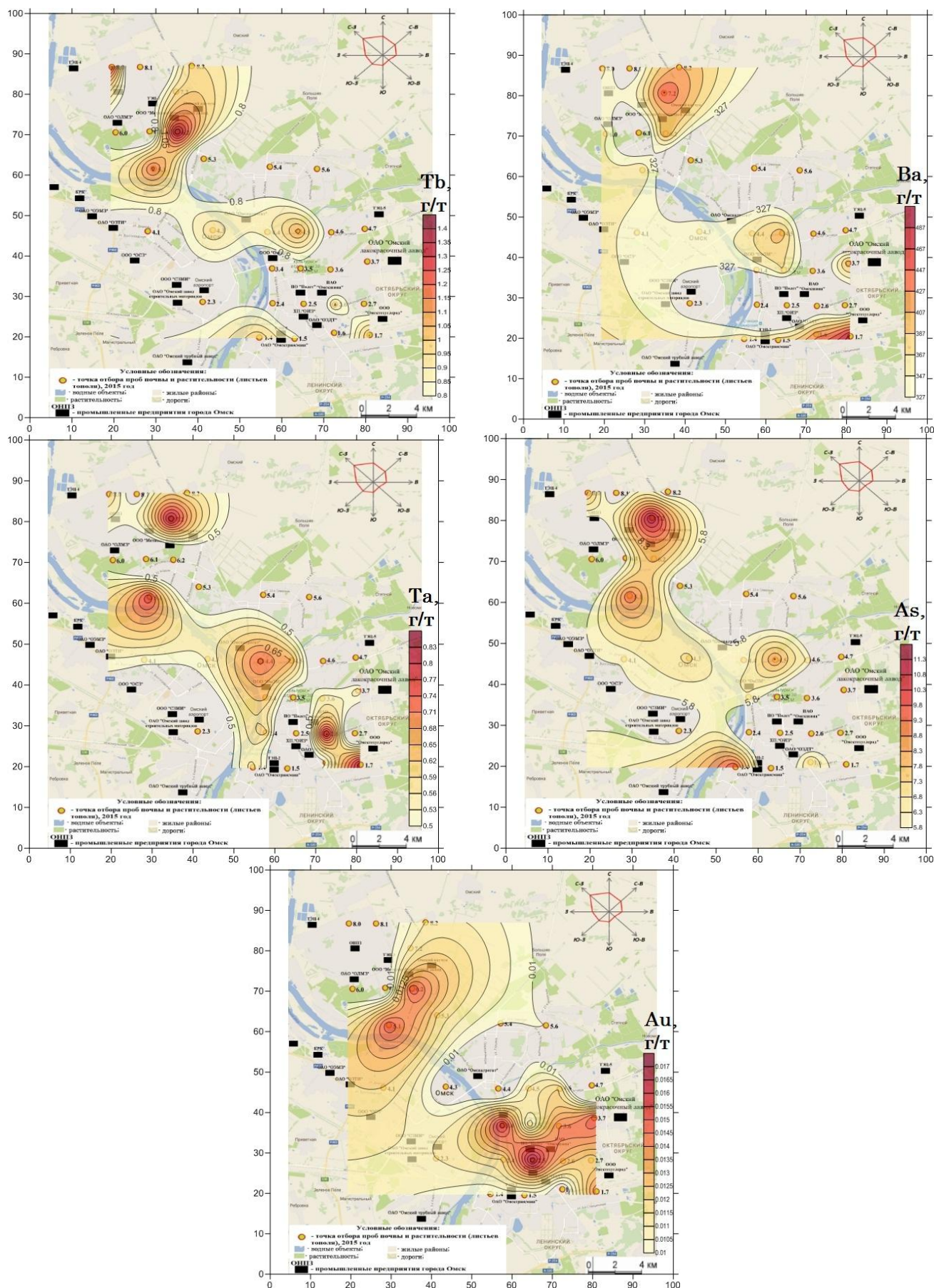


Рисунок 4.10 – Карты распределения содержаний элементов в почвах
(продолжение)

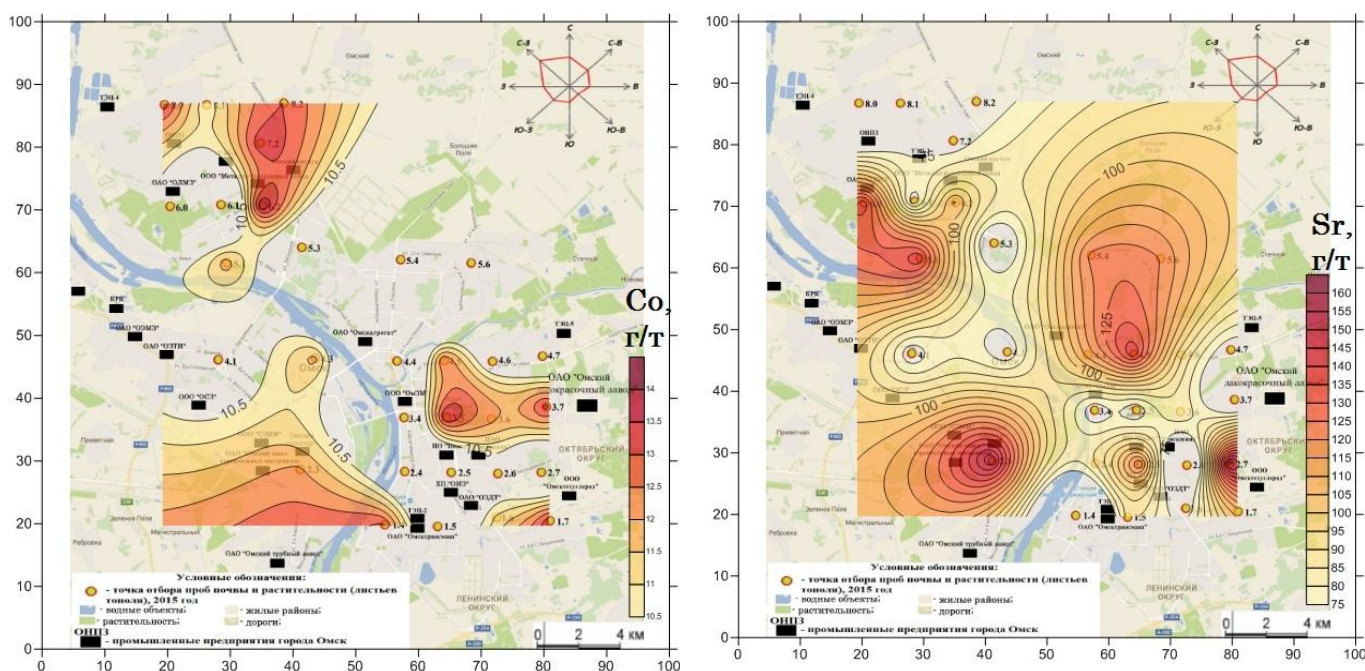


Рисунок 4.10 – Карты распределения содержаний элементов в почвах
(окончание)

Ореолы повышенных содержаний элементов Eu, Nd, Sm, La, Ce, Tb, Au относительно фоновых значений отчетливо просматриваются в районе расположения машиностроительных, приборостроительных и металлообрабатывающих производств, что может быть связано с широким применением редкоземельных элементов и золота в технике: радиоэлектронике, приборостроении, машиностроении, металлургии, химической промышленности. Менее интенсивные ореолы выделяются вблизи промышленной зоны ОНПЗ.

Отдельного внимания заслуживают особенности пространственного распределения Co и Sr. Интенсивные ореолы повышенных относительно фона содержаний наблюдаются в районах расположения практически всех основных производств города.

В ходе обработки результатов проведен сравнительный анализ содержаний рассматриваемых элементов в почвах г. Омска с содержаниями в почвах г. Томска, г. Йошкар-Ола, со средними содержаниями элементов в

почвах мира по Н. Боуэну (1966) и кларковыми значениями по Тейлору (1964) (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Среднее содержание элементов в почвах, мг/кг (данные ИНАА)

Элементы	Города России			Почвы мира (Bowen, 1966)	Кларк для почв (по Тейлору, 1964)
	г. Омск (30 проб)	г. Томск (204 пробы) (Жорняк, 2009)	Йошкар-Ола (23 пробы) (Гончаров и др., 2015)		
Na, %	0,7±0,02	1,1	0,7	н.д.	2,4
Ca, %	1,4±0,1	1,4	0,8	н.д.	4,2
Fe, %	1,8±0,1	3,2	1,3	3,8	5,6
Br	5,4±0,6	8,8	0,5	5	2,5
Ba	327,2±14,3	550	321	500	425
Co	10,2±0,5	14,3	7,7	8	25
Cr	132,7±10,1	103,6	199,9	100	100
As	5,6±0,4	0,4	3,1	н.д.	1,8
Sb	1,2±0,1	1,6	0,35	н.д.	0,2
Zn	122,2±16,5	н.д.	42,3	н.д.	70
Редкие элементы					
Rb	52,7±2,4	76,7	56,9	100	90
Cs	2,3±0,2	3,6	1,3	6	3
Sr	70,0±7,0	67,3	87	300	375
Hf	4,1±0,2	6,6	12,2	6	3
Ta	0,5±0,03	0,85	0,9	н.д.	2
Sc	5,9±0,4	11,3	5,5	н.д.	22
Nd	26,3±2,8	н.д.	15,2	н.д.	28
Редкоземельные элементы					
Tb	0,8±0,05	1,0	0,5	0,7	0,9
Sm	5,4±0,5	5,7	2,5	4,5	6
Eu	0,9±0,1	1,3	0,4	1	1,2
La	26,8±2,6	25,7	16,1	40	30
Ce	61,4±5,4	58,6	38,2	50	60
Yb	1,8±0,07	2,7	2,5	3	3
Lu	0,3±0,01	0,4	0,3	0,4	0,5

Примечание: (1) – в скобках количество проб; н.д. – нет данных; жирным шрифтом выделены повышенные относительно других городов содержания элементов.

В ходе сравнения со средними содержаниями элементов в почвах мира по Н. Боуэну (1966) и кларковыми значениями по Тейлору (1964), установлено, что содержания таких элементов как Br, Cr, Ce в почвах г. Омска превышают их средние содержания в почвах мира и кларковые значения. Кроме того, выше средних содержаний элементов почв мира оказались Co, Tb, Sm, а выше кларковых значений - As, Hf, Sb, Zn.

На рисунке 4.11 представлена диаграмма сравнения содержаний элементов в почвах г. Омска и иных городов.

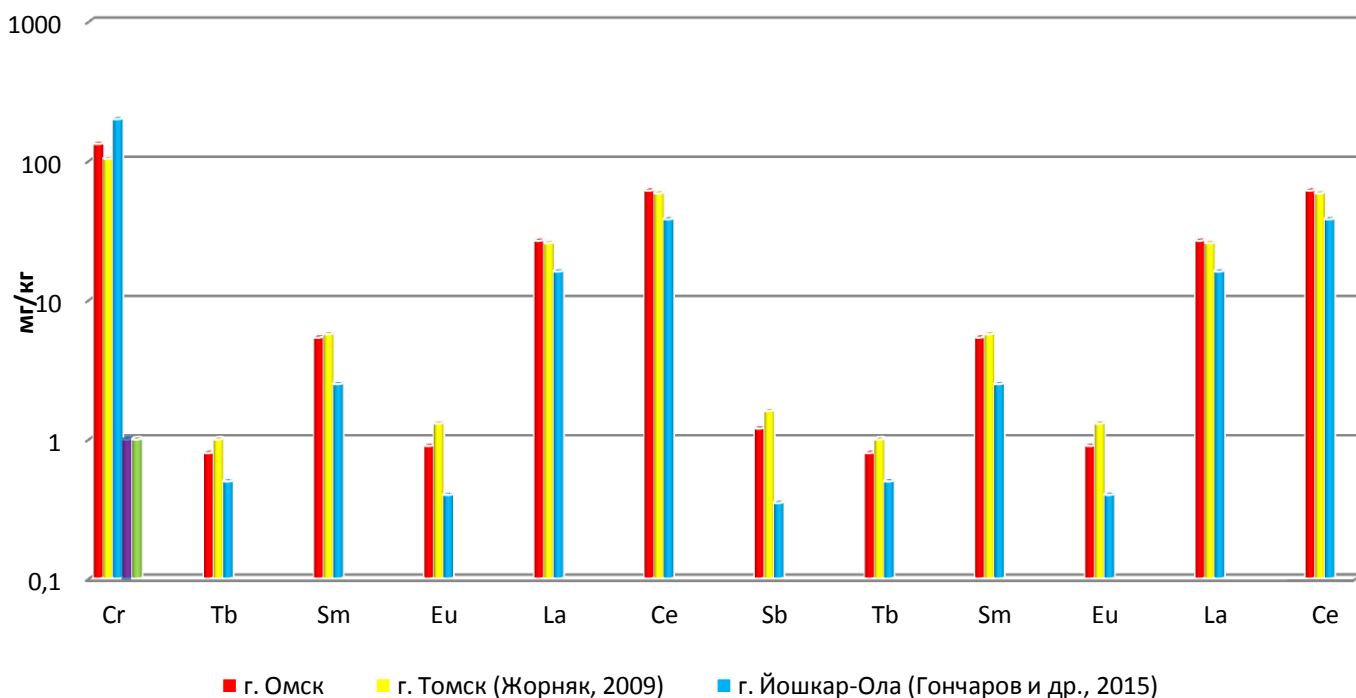


Рисунок 4.11 – Среднее содержание элементов в почвах г. Омска и других городов

По сравнению с г. Томском в почвах г. Омска наблюдается превышение уровней накопления элементов Cr, As, Sr, La, Ce. По сравнению с г. Йошкар-Ола, в почвах г. Омска в большей степени накапливаются практически все изученные элементы: Ca, Br, Ba, Co, As, Sb, Zn, Cs, Sc, Nd, Tb, Sm, Eu, La, Ce.

На основе рассчитанных коэффициентов концентрации сформированы геохимические ряды с целью выявления специфики районов города (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Значения коэффициентов концентраций химических элементов в почвах районов г. Омска и суммарный показатель загрязнения (по данным ИНАА)

Территория		Коэффициент концентрации (КК)	СПЗ степень загрязнения
г. Омск		$Zn_{2,1}-Hg_{1,7}-Na_{1,5}-Eu_{1,4}-Cr_{1,2}-Ba_{1,2}-Sb_{1,2}-Sm_{1,1}-Au_{1,1}-Tb_{1,1}-Ce_{1,1}-La_{1,1}$	<u>4,7</u> низкая
	Советский	$Zn_{1,6}-Eu_{1,4}-Sb_{1,4}-Hg_{1,4}-Tb_{1,3}-Ba_{1,2}-Cr_{1,2}-La_{1,2}-Sm_{1,2}-Na_{1,2}-Ce_{1,1}-Br_{1,1}-Au_{1,1}-U_{1,1}-Hf_{1,1}-Nd_{1,1}$	<u>4,6</u> низкая
	Центральный	$Zn_{2,1}-Cr_{1,7}-Hg_{1,6}-Eu_{1,2}-Na_{1,2}-Sm_{1,1}$	<u>4,2</u> низкая
	Октябрьский	$Zn_{2,4}-Hg_{2,1}-Au_{1,2}-Sb_{1,2}-Eu_{1,1}-Na_{1,1}-Ba_{1,1}$	<u>4,2</u> низкая
	Ленинский	$Zn_{2,3}-Eu_{2,0}-Hg_{1,6}-Sm_{1,5}-Nd_{1,5}-Ce_{1,5}-La_{1,4}-Ba_{1,4}-Cr_{1,3}-Na_{1,2}-Tb_{1,2}-Sb_{1,1}-Au_{1,1}-Hf_{1,1}$	<u>7,1</u> низкая
	Кировский	$Zn_{1,9}-Hg_{1,4}-Sr_{1,4}-U_{1,3}-Hf_{1,2}-Na_{1,2}-Ba_{1,2}-Eu_{1,2}-Br_{1,2}-Tb_{1,1}-Cs_{1,1}-Sb_{1,1}-Au_{1,1}$	<u>4,2</u> низкая

Сравнительная диаграмма значений коэффициентов концентраций химических элементов в почвах районов г. Омска представлена на рисунке 4.12.

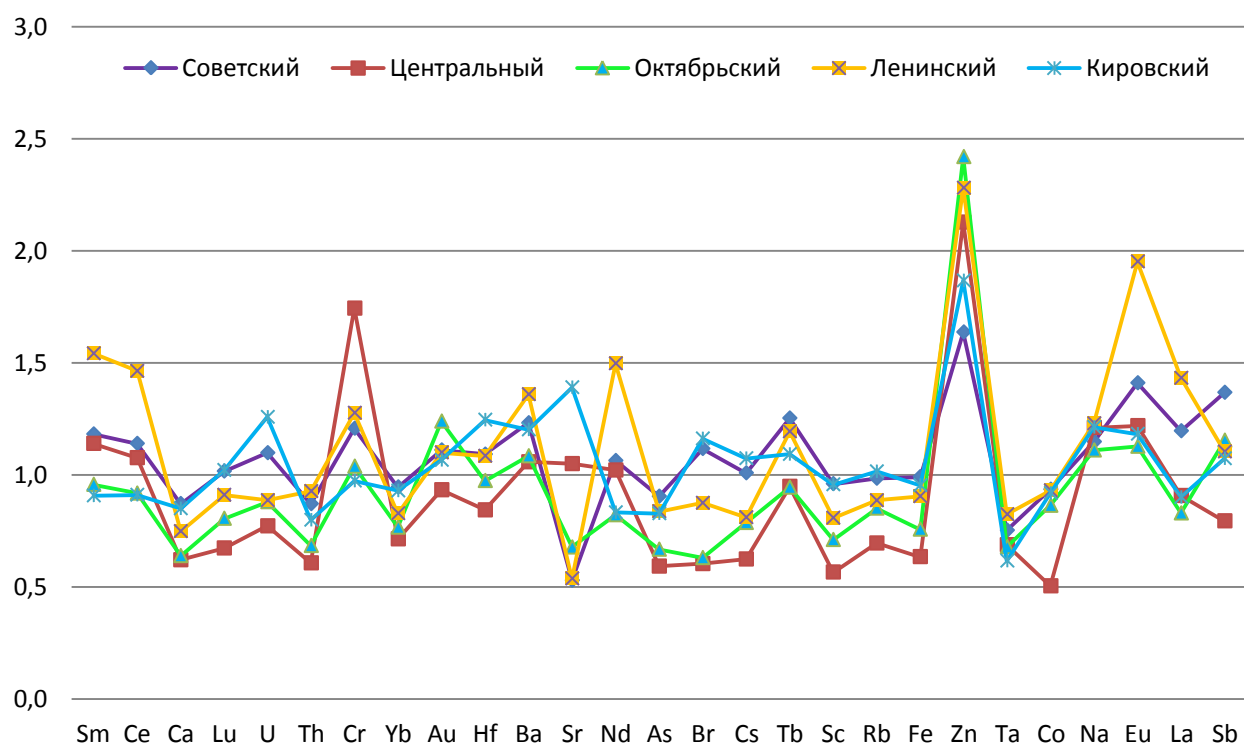


Рисунок 4.12 – Коэффициенты концентраций элементов относительно фона (п. Любинский) в почвах районов г. Омска

Геохимической спецификой почв Советского района является наличие повышенных содержаний относительно фоновых значений таких элементов,

как Zn, Eu, Sb, Hg, Tb, Ba, Cr, La, Sm, Na и Ce. Такую специфику можно объяснить функционированием в пределах района ОНПЗ и сопутствующих нефтехимических производств, использующих в своих процессах катализаторы, содержащие редкоземельные элементы; ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4, последняя из которых использует в качестве сырья экибастузский каменный уголь, содержащий в своем составе редкие, редкоземельные металлы, ртуть; литейно-механического производства. Сравнение полученных содержаний с установленными ПДК выявило превышение в пределах района Cr от 12 до 48 раз (в среднем в 20 раз), As от 2 до 6 раз (в среднем в 3 раза), Zn от 2 до 10 раз (в среднем в 4 раза), Co от 1,5 до 3 раз (в среднем в 2 раза).

Геохимической спецификой почв Центрального района является накопление Zn, Cr, Hg, Eu, Sm. Такая особенность может быть вызвана размещением в пределах района приборостроительных и машиностроительных предприятиями (Омский агрегатный завод, Омский приборостроительный завод, Омский завод металлоизделий и др.). Кроме того в пределах района функционирует крупнейшая в городе ТЭЦ-5, на которой в качестве основного топлива используют экибастузский каменный уголь. Также центральная часть города характеризуется высоким транспортным потоком, что может стать причиной поступления Zn в почвы. Сопоставление со значениями ПДК позволило выявить превышение Cr от 20 до 50 раз (в среднем в 30 раз), As от 1,5 до 3 раз (в среднем в 2 раза), Zn от 3 до 11 раз (в среднем в 5 раз).

В почвах Октябрьского района относительно фоновых содержаний накапливаются Zn, Hg, Au, Sb. В районе расположены шинный завод, лакокрасочный завод, металлообрабатывающие производства, проходят крупные автомагистрали и железнодорожные пути. Сравнения полученных содержаний элементов с ПДК позволил установить превышения по Cr от 10 до 30 раз (в среднем в 20 раз), As от 2 до 4 раз (в среднем 2,5 раз), Zn от 3 до 22 раз (в среднем в 6 раз).

В почвах Ленинского района происходит накопление Zn, Eu, Hg, Sm, Nd, Ce, La, Ba, Cr и Tb. Техногенная нагрузка данного района обусловлена наличием предприятий машиностроительной, металлообрабатывающей, точной, приборостроительной отраслями промышленности, в производственных процессах которых используется сырье с содержанием редких и редкоземельных элементов. Анализ сравнения содержаний с ПДК позволил установить превышение Cr от 18 до 32 раз (в среднем в 24 раза), As от 2 до 5 раз (в среднем в 3 раза), Zn от 4 до 10 раз (в среднем в 6 раз), Co в 2-3 раза.

Геохимической спецификой Кировского района города является накопление в почвах Zn, Hg, Sr, U, Hf, Ba, Eu, Br.

Повышенные концентрации Hf, Eu фиксируются в пылевых выбросах предприятий строительной индустрии, а в пределах данного района расположен крупный Омский завод строительных материалов (Языков, 2006). Повышенное среднее содержание Sr, U, Hg что можно объяснить влиянием крупной Кировской районной котельной, сжигающей каменный уголь. Повышенные содержания Br, вероятнее всего, связаны с функционированием Омского электромеханического завода, ранее такая тенденция наблюдалась при исследовании почв г. Томска [103]. Помимо перечисленного на территории района функционирует стекольный завод, трубный завод и завод трубной изоляции.

Сравнение содержаний элементов в исследуемых почвах со значениями ПДК позволило выявить превышения Cr от 10 до 23 раз (в среднем в 18 раз), As от 2,5 до 3,5 раз (в среднем в 3 раза), Zn от 3 до 7 раз (в среднем в 5 раз), Co от 1,5 до 2,5 раз (в среднем в 2 раза).

Таким образом, для почв территории г. Омска выявлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Относительно содержания химических элементов в фоновых пробах, на территории города Омска происходит накопление таких элементов, как Zn, Eu, Cr, Ba, Sb, Sm, Td, Ce, La.

Минимальное превышение фонового содержания составляет 1,1 раза для La, максимальное - 2,1 раза для Zn.

Рассчитанный суммарный показатель загрязнения почв редкими, редкоземельными и другими элементами при учете коэффициентов концентрации более 1 в среднем для территории города Омска составляет 4,7 единиц, что при сопоставлении с установленной градацией свидетельствует о низкой степени загрязнения.

По результатам корреляционного анализа в почвах города выделены следующие ассоциации со значимыми коэффициентами: Sm-Ce-Eu-Nd-La-Th, Lu-Sc-Fe-Yb, Cs-Rb, менее значимые связи в ассоциациях Tb-Ba, As-Ca, Cr-Zn, Sr-Au. Данные ассоциации являются характерными элементами для нефтеперерабатывающих, металлургических и металлообрабатывающих предприятий, топливно-энергетического комплекса.

Специфика почвенного покрова районов города заключается в повышенных относительно средних значений по городу содержания ряда элементов: Советский район – Na, Ca, Fe, Br, Ba, Co, Cr, Sb, As, Rb, Cs, Hf, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Nd, Th, U. Центральный - Cr, Zn, Sr. Октябрьский - Zn, Sr. Ленинский - Na, Fe, Br, Ba, Co, Cr, As, Zn, Hf, Ta, Sm, Eu, La, Ce, Nd, Th. Кировский - Na, Ca, Fe, Br, Ba, Co, As, Rb, Cs, Sr, Hf, Sc, Yb, Th, U.

Во всех административных районах установлены факты превышения ПДК для Cr, As, и Zn, а также Co для Советского, Ленинского и Кировского округов. Факты превышения ПДК для кобальта в почвах г. Омска фиксировались и при проведении экологического мониторинга в 2006-2007 гг. [94].

4.1.3 Геохимические особенности почв районов расположения промышленных предприятий

В связи тем, что промышленные предприятия на территории города располагаются в его различных частях, в районах их расположения существуют различия содержаний определенных химических элементов и формируются геохимические аномалии, спектр которых определяется

спецификой производства предприятий. Путь поступления вредных веществ в городские почвы преимущественно аэрогенный, при этом даже относительно невысокие концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе способствуют осаждению и быстрому накоплению вредных компонентов в почвах.

По этой причине ореолы воздействия промышленных предприятий, имеющие размеры до нескольких километров, характеризуются аномально высокими содержаниями вредных компонентов, которые зачастую превышают установленные нормы ПДК и ОДК, фоновые концентрации [7].

Для выявления геохимических особенностей почв районов расположения промышленных предприятий города летом 2014 года проведено детальное опробование крупных объектов топливно-энергетической отрасли, машиностроительной и нефтехимической промышленности, а именно ТЭЦ-3, ТЭЦ-5, ПО «Полёт», ОАО «Омсктрансмаш», ОАО «Омсктехуглерод».

Всего отобрана 21 проба почв, в качестве метода аналитического исследования применялся метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС).

По результатам анализа почв районов расположения промышленных предприятий г. Омска, фоновой территории установлено среднее содержание химических элементов (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Среднее содержание элементов (мг/кг) в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Омска

Эл-ты	ТЭЦ-3 (8)	ТЭЦ-5 (4)	ПО «Полет» (3)	ОАО «Омсктранс- маш» (2)	ОАО «Омсктех- углерод» (4)	Ср. по выб. (21)	Ср. по г. Омску (120) (Трошин а Е.Н.)	Фон (5)
Макрокомпоненты								
Al, %	0,9±0,1	1,1±0,1	0,6±0,3	0,9±0,3	1,6±0,3	1,0±0,1	н.д.	1,2
Fe, %	2,9±1,5	1,5±0,1	1,4±0,2	1,0±0,2	2,0±0,2	2,1±0,6	3,1	2,3
Ca, %	0,8±0,1	0,8±0,1	0,4±0,1	0,3±0,2	1,2±0,1	0,8±0,1	н.д.	0,4
Mg, %	0,08±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01	0,03±0,01	0,07±0,01	0,06±0,01	н.д.	0,02
Na, %	0,7±0,03	0,8±0,03	0,7±0,01	0,8±0,04	0,7±0,01	0,7±0,02	н.д.	0,3
K, %	1,2±0,1	0,9±0,01	0,7±0,04	0,7±0,01	1,0±0,04	1,0±0,1	н.д.	0,5

Продолжение таблицы 4.10

Si, %	23,8±1,9	8,2±3	3,8±2,4	4,7±2,9	14,8±2,4	14,5±2	н.д.	24,6
Элементы I класса опасности								
As	33,8±5,5	10,4±2,5	6,2±4,0	9,0±2,7	21,9±4,0	20,9±3,3	10,5	10,5
Pb	28,6±4	22,9±6,2	26,9±7,1	89,1±6,9	61,7±7,1	42,3±1,2	31,8	4,1
Zn	181,3±40,2	103,4±30,4	132,2±39,7	126,8±5,4	498,7±39,7	214,4±79,9	100,2	79,2
Элементы II класса опасности								
Co	14,1±1,5	13,1±0,5	12,5±1,2	13,3±1	18,0±1,2	14,4±1,0	16,7	63,1
Cr	123,1±32	59,4±1,2	148,9±10,1	168,1±1,2	70,9±10,7	109,9±20	93,3	85,7
Cu	46,6±14	35,0±5,2	35,5±9,8	40,1±7,4	95,7±9,8	51,7±12,	44,3	н.д.
Mo	5,8±2,3	0,1	0,1	0,1	0,1	2,3±1,0	н.д.	н.д.
Ni	227,8±83,9	1,6±1,1	8,9±0,5	87,0±8,8	26,2±0,5	105,3±3,8	35,0	50,2
Элементы III класса опасности								
Ba	206±20,9	184,5±28,3	179,0±6	196,7±40	256,8±6	207,7±15	н.д.	93,2
Mn	502,6±31,8	548,3±33,1	579,5±121	617,3±10,5	653,8±121	563,8±24,7	810	809
V	50,9±5,5	57,1±3,1	46,9±1,4	33,6±3,8	66,0±1,4	52,1±3,5	61,3	84,3
Sr	72,9±6,9	78,9±1,9	63,9±3,1	76,0±3,2	112,9±3,1	81,3±6,9	159,7	30,3
Элементы, класс опасности которых не определен								
Be	1,9±0,2	2,0±0,1	2,0±0,2	1,5±0,3	2,3±0,2	2,0±0,1	н.д.	2,0
P	619,9±176	1260,0±232	1226,0±231,7	632±41	1275,8±231,7	926,2±121	н.д.	792,0
Ti	1932±200	2353±100	1513±57	2138±97	2720±57	2122±102	5161,6	3174,4
Y	0,5±0,2	0,8±0,1	0,3±0,001	0,1±0,2	1,7±0,001	0,7±0,2	н.д.	н.д.
Zr	49,5±5,9	63,5±2,8	59,3±6,2	44,1±7,5	79,2±6,1	58,0±3,9	н.д.	80,1
Li	22,5±2,9	23,4±2,8	20,2±0,5	14,2±3,9	28,9±0,5	22,5±1,6	н.д.	35,9
Sc	1,1±0,3	1,0±0,2	0,3±0,001	0,1±0,2	1,7±0,001	1,0±0,2	н.д.	н.д.

Примечание: н.д. - нет данных, в скобках указано количество проб, жирным шрифтом выделены повышенные содержания элементов относительно фона

Почвы районов расположения всех исследуемых предприятий характеризуются повышенными содержаниями Mg, Na, K, Pb, Zn, Ba, Sr относительно фоновой территории.

Кроме того, установлены факты превышения ПДК такими элементами, как As (2-25 ПДК), Co (2-6 ПДК), Cr (5-60 ПДК), Cu (7-60 ПДК), Ni (1,5-46 ПДК), Pb (1,5-7 ПДК), Zn (2,5-15 ПДК) во всех исследуемых районах.

В почвах около ТЭЦ-3 относительно фоновое содержание происходит накопление Cr, Ni, Ba, As, Sr, Fe, Mg, Na, Ca, что может быть обусловлено воздействием ОНПЗ сопутствующих нефтехимических производств, в промышленной зоне которых расположена ТЭЦ.

В районе расположения ТЭЦ-5 в почвах накапливаются Pb, Zn, Ba, Sr, Li, Ti, V, Zr, P. Источником поступления фосфора в почву, скорее всего, является расположенная вблизи Омская биофабрика.

По «Полёт» и ОАО «Омсктрансмаш» являются предприятиями машиностроительной отрасли, в почвах районов расположения данных предприятий установлено накопление идентичных элементов: Pb, Zn, Cr, Ba, Sr, Na, K, Mn, Mg, а также Ni, Ti, около ОАО «Омсктрансмш» и P, Zr около ПО «Полёт».

В районе расположения ОАО «Омсктехуглерод» выявлено повышенное содержание Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Pb, Zn, Co, Ba, Sr, P, Li, Mn, Ti, V, Zr.

По сравнению с данными ранее проведенных исследований Е.Н. Трошиной, наблюдается превышение среднего содержания по г. Омску в районе ТЭЦ-3: As, Zn, Cr, Cu, Ni; ТЭЦ-5 - Zn; ПО «Полет» - Zn, Cr; ОАО «Омсктрансмаш» - Pb, Zn, Cr, Ni; ОАО «Омсктехуглерод» - As, Pb, Zn, Co, Cr, Cu, V (рисунок 4.13).

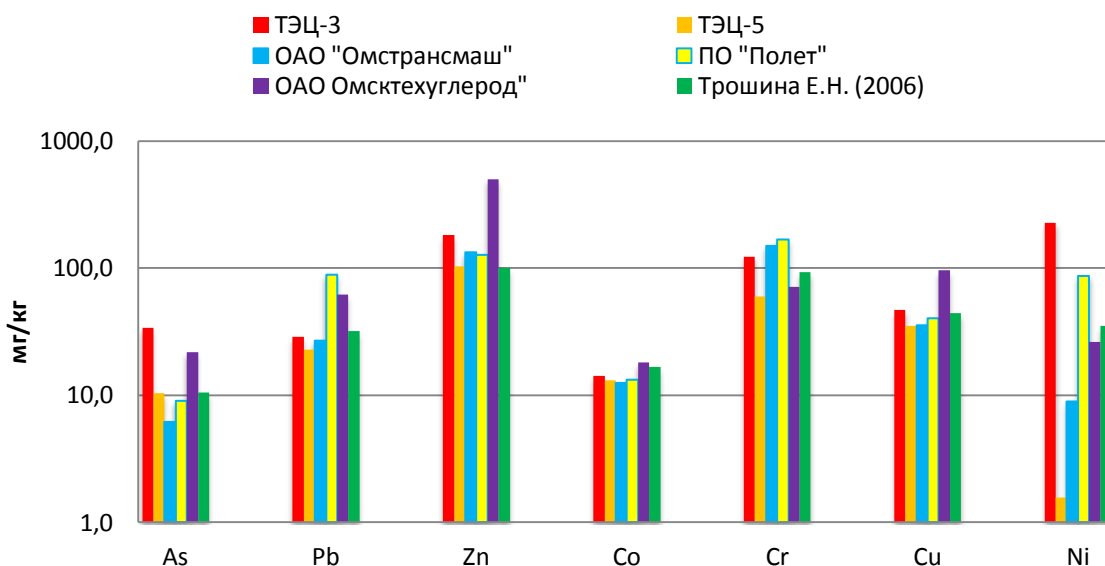


Рисунок 4.13 – Диаграмма сравнения среднего содержания элементов в почвах г. Омска

Диаграммы сравнения содержаний элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Омска представлены на рисунке 4.14.

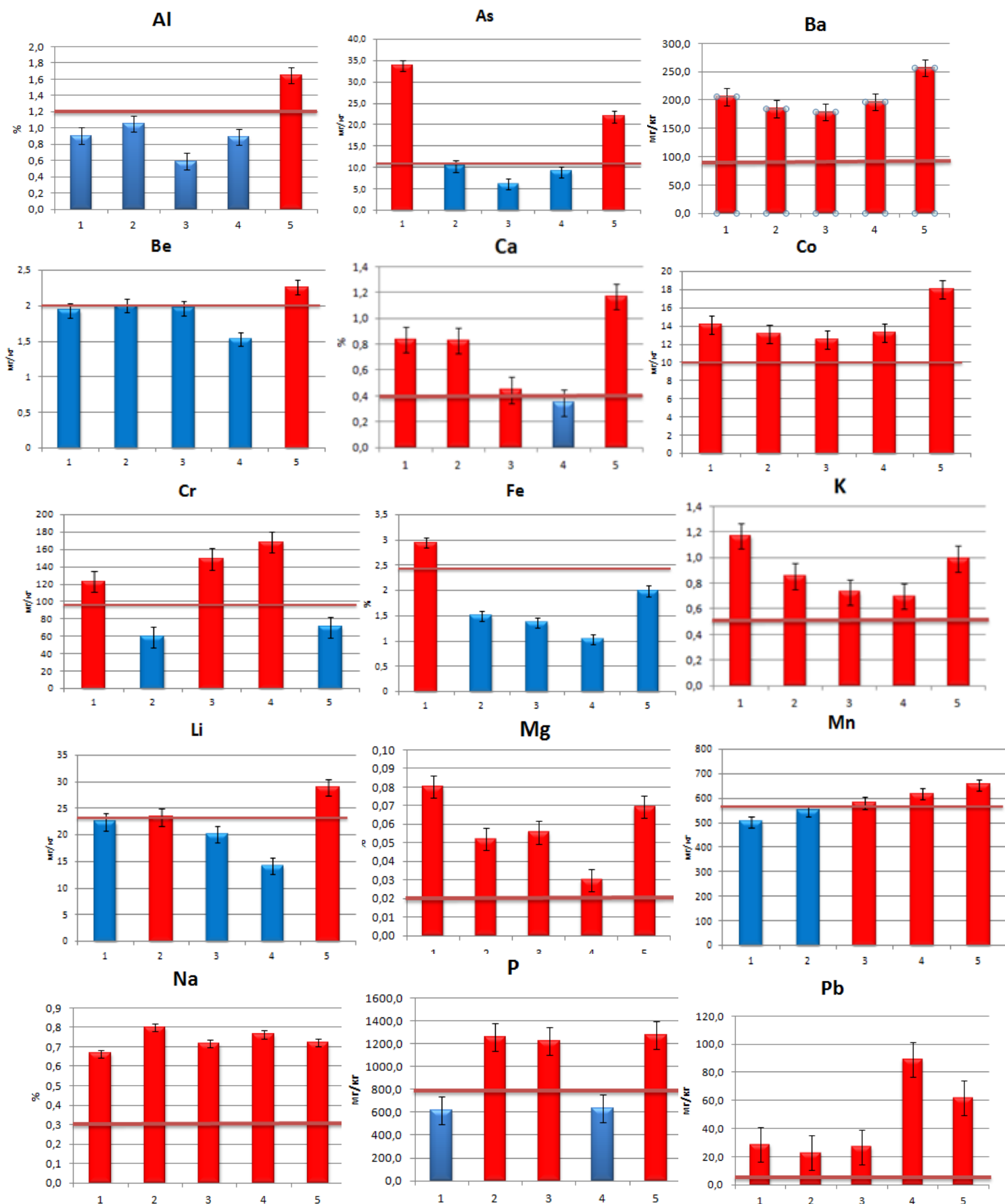


Рисунок 4.14 – Диаграммы сравнения средних содержаний элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Омска: 1 – ТЭЦ-3;

2 – ТЭЦ-5; 3 – ОАО «Омсктрансмаш»; 4 – ПО «Полёт»; 5 – ОАО «Омсктехуглерод»; красная линия - фоновое содержание элемента

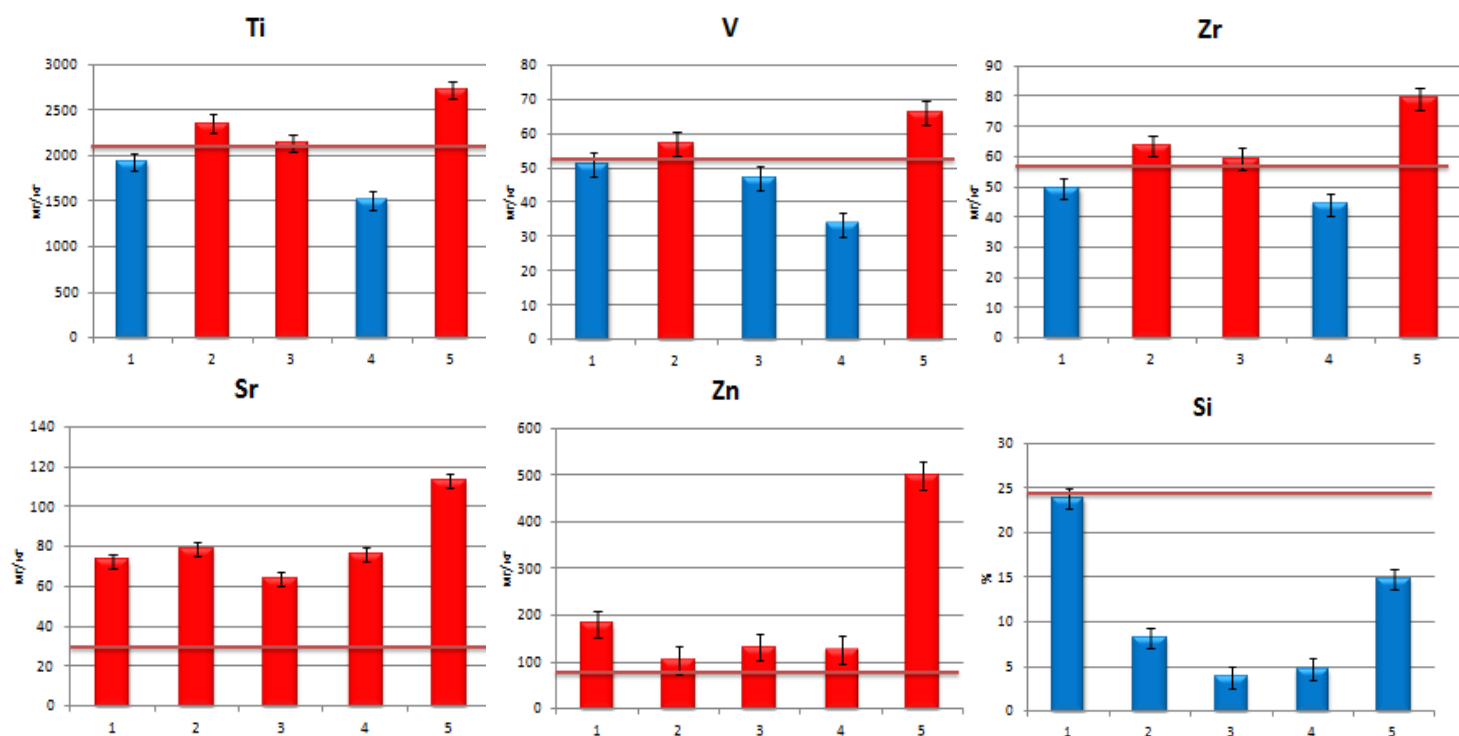


Рисунок 4.14 – Диаграммы сравнения средних содержаний элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Омска: 1 – ТЭЦ-3; 2 – ТЭЦ-5; 3 – ОАО «Омсктрансмаш»; 4 – ПО «Полёт»; 5 – ОАО «Омсктехуглерод»; красная линия - фоновое содержание элемента (продолжение)

Повышенные концентрации элементов в городских почвах в районах расположения промышленных предприятий находят своё отражение в коэффициентах концентрации, рассчитанных относительно фоновых содержаний.

Значения рассчитанных коэффициентов концентрации составляют от 1,1 до 21 единиц, на их основе сформированы ассоциации элементов, характерные для каждого из исследуемых предприятий (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Ассоциации химических элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Омска (по данным ИСП-АЭС)

Территория	Коэффициенты концентраций (КК)	СПЗ (степень загрязнения)
ТЭЦ-3	Pb _{7,0} -Ni _{4,5} -Mg _{4,0} -As _{3,2} -Zn _{3,1} -Sr _{2,4} -K _{2,3} -Na _{2,2} -Ba _{2,2} -Ca _{2,1} -Cr _{1,4} -Fe _{1,3}	25,2 средняя

Продолжение таблицы 4.11

ТЭЦ-5	Pb _{5,6} -Na _{2,7} -Sr _{2,6} -Mg _{2,6} -Ca _{2,1} -Ba _{2,0} -Zn _{1,8} -K _{1,7} -P _{1,6} -Co _{1,3} -Ti _{1,1} -V _{1,1}	15,1 низкая
ОАО «Омсктрансмаш»	Pb _{6,5} -Mg _{2,8} -Na _{2,4} -Zn _{2,3} -Sr _{2,1} -Ba _{1,9} -Cr _{1,7} -P _{1,5} -K _{1,5} -Co _{1,2} -Ca _{1,1}	15,1 низкая
ПО «Полёт»	Pb _{21,7} -Na _{2,5} -Sr _{2,5} -Zn _{2,2} -Ba _{2,1} -Cr ₂ -Ni _{1,7} -Mg _{1,5} -K _{1,4} -Co _{1,3} -Mn _{1,1}	30,1 средняя
ОАО «Омсктехуглерод»	Pb ₁₅ -Zn _{8,6} -Sr _{3,7} -Mg _{3,5} -Ca _{2,9} -Ba _{2,8} -Na _{2,4} -As _{2,1} -K ₂ -Co _{1,8} -P _{1,6} - Al _{1,4} -Li _{1,3} -Ti _{1,3} -V _{1,3} -Mn _{1,2} -Be _{1,1}	37,9 высокая

Расчет суммарного показателя загрязнения позволил установить в районах расположения ТЭЦ-5, ОАО «Омсктрансмаш» низкую степень загрязнения, в районе расположения ТЭЦ-3 и ПО «Полёт» среднюю степень загрязнения, а в районе расположения ОАО «Омсктехуглерод» - высокую.

Сравнение содержаний химических элементов в исследуемых почвах с кларковым содержанием в земной коре по Тейлору показало превышение в почвах г. Омска кларковых содержаний As, Cr, Li, Ni, P, Pb и Zn (рисунок 4.15).

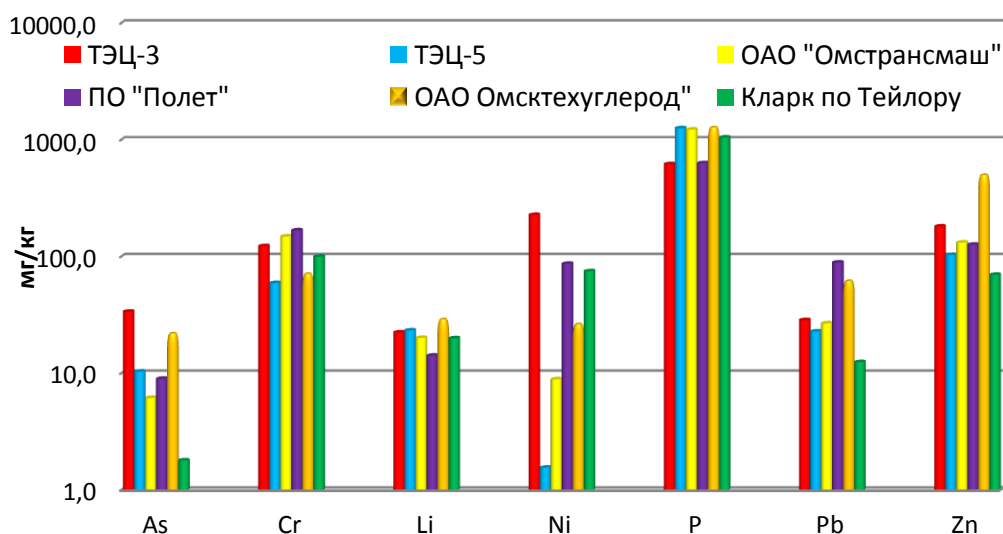


Рисунок 4.15 – Диаграмма сравнения средних содержаний элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Омска и кларкового содержания в земной коре (по Тейлору)

Таким образом, изучение химического состава городских почв позволяет отразить геохимические особенности территории города, в

пределах которой функционируют разнопрофильные промышленные предприятия.

4.1.4 Особенности распределения ртути в почвах

Распределение ртути в почвенном покрове происходит неравномерно, ее концентрация в почвах зависит от уровня содержания ртути в почвообразующих породах и варьируют в пределах 0,005-1,275 мг/кг (для Сибири) [2].

Ртуть концентрируется в верхнем слое городских почв, так как связана с уровнем содержания органики, железа, серы [21]. Почва представляет собой наиболее чувствительный индикатор геохимической обстановки в ландшафте.

Согласно данным, полученным в результате проведения атомно-абсорбционного анализа методом «пиролиза», установлено содержание ртути во всех исследуемых пробах почв (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Содержание ртути в исследуемых пробах почв г. Омска

№ пробы	С Hg, мг/кг	№ пробы	С Hg, мг/кг	№ пробы	С Hg, мг/кг	№ пробы	С Hg, мг/кг
1	0,016	18	0,017	35	0,036	3.7.	0,008
2	0,039	19	0,006	36	0,074	4.1.	0,014
3	0,029	20	0,008	37	0,011	4.3.	0,039
4	0,012	21	0,021	38	0,051	4.4.	0,057
5	0,019	22	0,032	39	0,021	4.5.	0,018
6	0,018	23	0,031	1.4.	0,035	4.6.	0,018
7	0,019	24	0,081	1.5.	0,034	4.7.	0,02
8	0,091	25	0,016	1.6.	0,069	5.1.	0,024
9	0,018	26	0,008	1.7.	0,013	5.4.	0,004
10	0,033	27	0,032	2.3.	0,023	5.6.	0,021
11	0,023	28	0,018	2.4.	0,022	6.0.	0,022
12	0,018	29	0,032	2.5.	0,025	6.1.	0,008
13	0,02	30	0,029	2.6.	0,016	6.2.	0,014
14	0,021	31	0,035	2.7.	0,012	7.2.	0,068
15	0,17	32	0,074	3.4.	0,027	8.0.	0,019
16	0,046	33	0,041	3.5.	0,034	8.1.	0,011
17	0,022	34	0,063	3.6.	0,022	8.2.	0,025

Расчет основных статистических параметров (таблица 4.13) позволил сравнить полученные содержания ртути в исследуемых пробах с литературными данными, средними содержаниями в земной коре и установленными предельно-допустимыми концентрациями.

Таблица 4.13 – Основные статистические параметры выборки

Показатель	Значение
Среднее по выборке	0,030
Среднее на фоновой территории	0,018
Стандартная ошибка	0,003
Медиана	0,022
Мода	0,018
Стандартное отклонение	0,025
Эксцесс	12,6
Асимметричность	2,9
Минимум	0,004
Максимум	0,17

По результатам анализа установлено, что содержание ртути в пробах почв на условно фоновой территории составляет 0,018 мг/кг.

На территории жилой зоны города содержание ртути изменяется от 0,004 мг/кг до 0,17 мг/кг (таблица 4.26). Следует отметить, что содержание ртути на жилой территории практически во всех точках превышает фоновое содержание от 1,5 до 9 раз, а в среднем по городу выше фонового содержания в 1,7 раза.

Распределение ртути в почвах города Омска представлено на рисунке 4.16.

Для трех проб исследуемой территории характерно превышение концентрации ртути ее кларкового содержания в Земной коре (по Тейлору, 0,08 мг/кг [151]).

В разные годы опробования установлены факты повышенного содержания ртути в пределах исследуемой территории в двух точках пробоотбора, расположенных в непосредственной близости друг от друга.

Таковыми является пункт отбора проб №40 (содержание ртути 1,7 мг/кг) и № 5.3 (содержание ртути 2,25 мг/кг), в последнем из которых содержание ртути превышает предельно-допустимую концентрацию данного химического элемента в почвах (2,1 мг/кг, СанПиН 42-128-4433-87).

По результатам анализа проведено сравнение районов города Омска по данному показателю (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Содержание ртути в почвах районов города Омска

Параметр	Содержание Hg в почвах, мг/кг
Центральный район (6)	0,028
Кировский район (16)	0,025
Ленинский район (7)	0,029
Октябрьский район (21)	0,037
Советский район (18)	0,026
Фон (п. Любинский)	0,018

Примечание: в скобках указан объем выборки

Для всех районов города установлен факт превышения исследуемого показателя над фоновым значением от 1,4 до 2 раз. Максимальные значения отмечены в Октябрьском районе, в пределах которого функционирует Октябрьский промышленный узел, представленный объектами машиностроительной, химической и теплоэнергетической отрасли.

На рисунке 4.17 представлена диаграмма сравнения содержания ртути в почвах различных городов с разной экологической ситуацией.

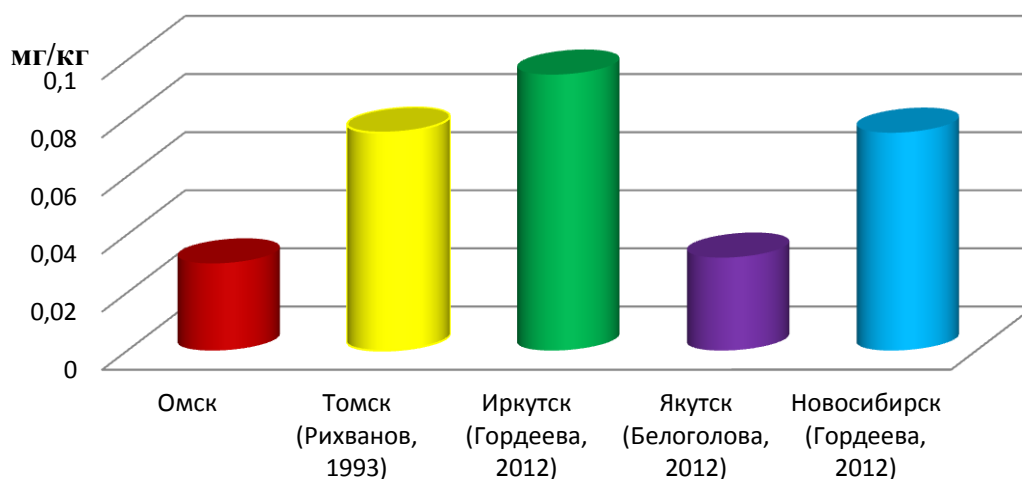


Рисунок 4.17 – Диаграмма сравнения среднего содержания ртути в почвах г. Омска и других городов Сибири

В результате сравнения содержаний ртути в пробах почв, выявлено, что среднее содержание ртути на территории города Омска в 3 раза ниже, чем в почвах г. Томска и г. Иркутска, в 2 раза ниже, чем в почвах г. Новосибирска, но при этом данный показатель находится на уровне г. Якутска.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что существующая на территории города тенденция накопления в почвенном покрове установленных содержаний ртути в целом менее интенсивна и выражена, чем в других городах Сибири.

4.2 Геохимические особенности листьев тополя

Активное использование тополя в эколого-геохимических исследованиях (примеры приведены в главе 1) обусловлено его относительно высокой способностью к накоплению загрязняющих веществ и интенсивному изменению элементного состава листвы в случае изменения техногенной нагрузки на территории [121].

Исследуемому роду растений свойственна достаточная устойчивость против дыма и газов, в связи с чем растение способно произрастать даже в регионах с высокой степенью урбанизации и в непосредственной близости от промышленных предприятий [43]. Листья тополя являются крупными, имеют чаще горизонтальное расположение, их поверхность покрыта воском и

ворсинками, что способствует осаждению загрязняющих веществ из атмосферного воздуха. Кроме того развитая корневая система растения в меньшей степени, но также может являться путем поступления загрязняющих веществ из почвы и почвенных вод [112].

4.2.1 Биогеохимический фон

Фоновую биогеохимическую специализацию листьев тополя г. Омска характеризуют коэффициенты концентрации элементов относительно среднего содержания химических элементов суши (таблица 4.15).

Таблица 4.15 – Содержания, коэффициенты концентрации элементов в листьях тополя г. Омска

Элемент	Средние содержания элементов в золе современных континентальных растений (Ткалич, 1969).	Кларк биосферы по Глазовским, 1982 (Глазовская, 1988)	Листья тополя, 3 пробы (п. Любинский)		
			Сф, мг/кг золы	Кк	Кк
Sm	100	-	0,1	0,001	-
Ce	100	32	1,7	0,02	0,05
Ca,%	3	1,6	13,8	4,6	8,6
Lu	100	0,45	0,03	0,0003	0,06
U	0,5	1,9	0,3	0,6	0,2
Th	0,5	7,6	0,2	0,4	0,03
Cr	250	50	3,4	0,01	0,07
Yb	100	1,9	0,08	0,0008	0,04
Au	1	0,0007	0,02	0,02	29,9
Hf	0,05	2,5	0,3	5,9	0,1
Ba	100	36	162	1,6	4,5
Sr	30	40	987	32,9	24,7
As	0,3	3	1,33	4,4	0,4
Br	150	26	45,5	0,3	1,8
Cs	2	5,9	0,04	0,02	0,006
Tb	100	0,64	0,1	0,001	0,2
Sc	-	7	0,2	-	0,03
Rb	100	96	10	0,1	0,1
Fe,%	1	2,2	0,14	0,1	0,06
Zn	900	46	1249	1,4	27,2
Co	15	22	6,1	0,4	0,3
Na,%	2	1,9	0,33	0,2	0,2
Eu	100	-	0,07	0,0007	-
La	100	12	1,09	0,01	0,1
Sb	0,05	0,25	0,1	1,9	0,4

Примечание: прочерк - показатель не определялся

Относительно кларковых содержаний на фоновой территории в листьях тополя накапливаются Ca, Sr, Zn. Кроме того, сравнение относительно средних содержаний в золе современных континентальных растений выявило накопление As и Sb, а относительно кларка биосферы - Au и Br.

4.2.2 Геохимические особенности листьев тополя г. Омска

При проведении статистического анализа результатов изучения элементного состава золы листьев тополя установлено, что на территории г. Омска большинство химических элементов имеют неравномерный характер распределения. Об этом свидетельствуют такие рассчитанные показатели, как стандартная ошибка, коэффициент вариации и другие (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Статистические параметры распределения микроэлементов в золе листьев тополя на территории г. Омска (30 проб), мг/кг

Эл-т	Среднее±ст.ош.	Медиана	Мода	Минимум	Максимум	Ст. откл.	Коэф.вар.
Sm	0,7±0,1	0,6	Multiple	0,09	1,7	0,4	55,7
Ce	5,2±0,5	4,2	Multiple	1,00	12,8	2,8	53,4
Ca,%	16,2±0,3	16,2	Multiple	13,1	20,1	1,8	11,4
Lu	0,04±0,004	0,04	Multiple	0,01	0,1	0,02	57,2
U	0,4±0,04	0,4	Multiple	0,06	1,1	0,2	56,4
Th	0,6±0,1	0,6	Multiple	0,14	1,6	0,3	52,4
Cr	17,2±1,5	15,2	Multiple	4,89	38,8	8,3	48,6
Yb	0,2±0,03	0,2	Multiple	0,01	0,7	0,1	62,7
Au	0,01±0,002	0,0	Multiple	0,01	0,0	0,0	105,0
Hf	0,3±0,04	0,3	Multiple	0,01	1,1	0,2	64,4
Ba	211,5±8,1	211,0	Multiple	141,4	305,6	44,5	21,0
Sr	1268,8±69,2	1176,5	Multiple	760,7	2016,4	379,2	29,9
As	2,1±0,2	2,1	Multiple	0,12	4,8	1,0	48,6
Br	61,0±9	46,2	Multiple	20,2	260,7	49,2	80,7
Cs	0,3±0,04	0,3	Multiple	0,0002	0,9	0,2	62,3
Tb	0,05±0,01	0,0	Multiple	0,008	0,2	0,1	119,4
Sc	1,0±0,1	0,9	Multiple	0,29	2,4	0,5	50,4
Rb	19,6±1,8	15,7	Multiple	4,14	47,9	10,0	51,2
Fe,%	0,4±0,03	0,4	Multiple	0,08	0,8	0,2	49,2
Zn	1315,7±142,7	1189,2	Multiple	192,3	2877,9	781,6	59,4
Co	15,7±1,9	12,8	Multiple	5,67	59,6	10,6	67,2
Na,%	0,2±0,03	0,1	Multiple	0,04	0,9	0,2	95,0
Eu	0,1±0,01	0,1	Multiple	0,05	0,2	0,1	68,0
La	3,6±0,3	3,0	Multiple	1,14	8,0	1,7	48,7
Sb	1,1±0,2	0,9	Multiple	0,16	5,6	1,0	92,6

Для наглядного представления полученных значений построена диаграмма размаха методом медиана/квартиль/размах (рисунок 4.18).

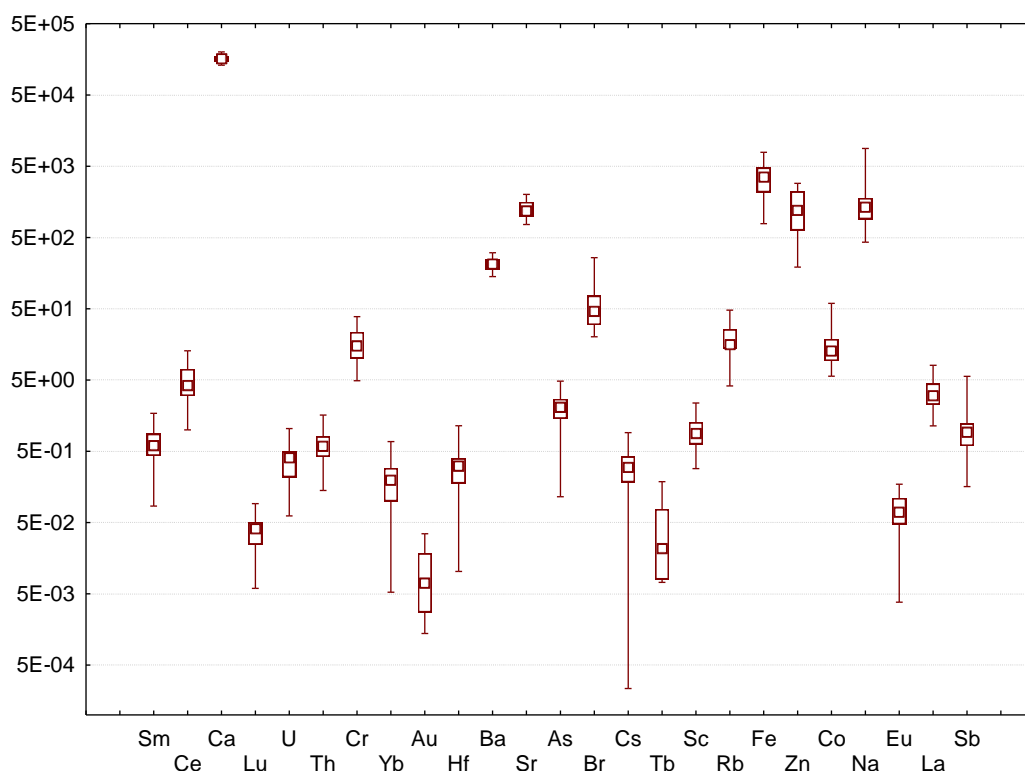


Рисунок 4.18 – Диаграмма размаха концентраций химических элементов в листьях тополя

Согласно полученным коэффициентам вариации для большинства химических элементов характерно неравномерное распределение: для Sm, Ce, Lu, U, Th, Yb, Hf, Cs, Sc, Rb, Zn, Co, Eu, Tb (коэффициент вариации >50%), особенно следует отметить Br, Na, Sb (коэффициент вариации >70%), а также Au (коэффициент вариации >100%).

Для получения объективных статистических выводов в ходе обработки данных проверена гипотеза о нормальном распределении элементов в выборке (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Критерии сравнения с нормальным законом распределения содержаний химических элементов в исследуемых листья

Элемент	Пробы листьев тополя (территория города Омска)				
	t1	t2	Хи-квадрат	Колмогорова - Смирнова (p)	Закключение
Sm	2,7	1,9	0,1	n.s.	Соответствует

Продолжение таблицы 4.17

Ce	1,9	0,5	-	n.s.	Соответствует
Ca	0,6	-0,7	0,6	n.s.	Соответствует
Lu	0,0	0,2	0,07	n.s.	Соответствует
U	2,2	1,6	-	n.s.	Соответствует
Th	2,7	2,0	-	n.s.	Соответствует
Cr	1,6	-0,2	-	n.s.	Соответствует
Yb	3,0	3,4	-	n.s.	Не соответствует
Au	1,8	-0,7	0,05	<0,15	Соответствует
Hf	4,6	8,1	-	n.s.	Не соответствует
Ba	0,1	-1,0	0,4	n.s.	Соответствует
Sr	1,6	-0,8	0,03	n.s.	Соответствует
As	1,4	1,0	0,4	n.s.	Соответствует
Br	6,0	10,6	-	n.s.	Не соответствует
Cs	2,7	2,1	-	n.s.	Соответствует
Tb	2,4	0,3	0,001	<0,05	Не соответствует
Sc	2,2	1,0	-	n.s.	Соответствует
Rb	3,1	1,9	-	<0,15	Соответствует
Fe	1,0	-0,4	0,26	n.s.	Соответствует
Zn	1,0	-1,3	0,4	n.s.	Соответствует
Co	6,6	12,0	-	<0,20	Не соответствует
Na	6,4	10,7	-	<0,05	Не соответствует
Eu	1,0	-0,9	0,08	n.s.	Соответствует
La	2,1	0,4	0,1	n.s.	Соответствует
Sb	8,1	18,2	-	<0,05	Не соответствует

Нормальный закон распределения содержаний химических элементов в листьях тополя г. Омска установлен для всех химических элементов, кроме Yb, Hf, Br, Tb, Co, Na, Sb, для них установлен закон распределения отличный от нормального закона.

Это подтверждают и гистограммы распределения элементов в листьях тополя, построенные с обозначением ожидаемого нормального распределения. К примеру, распределение Sr действительно близко к нормальному, а Br отлично от нормального закона (рисунок 4.19).

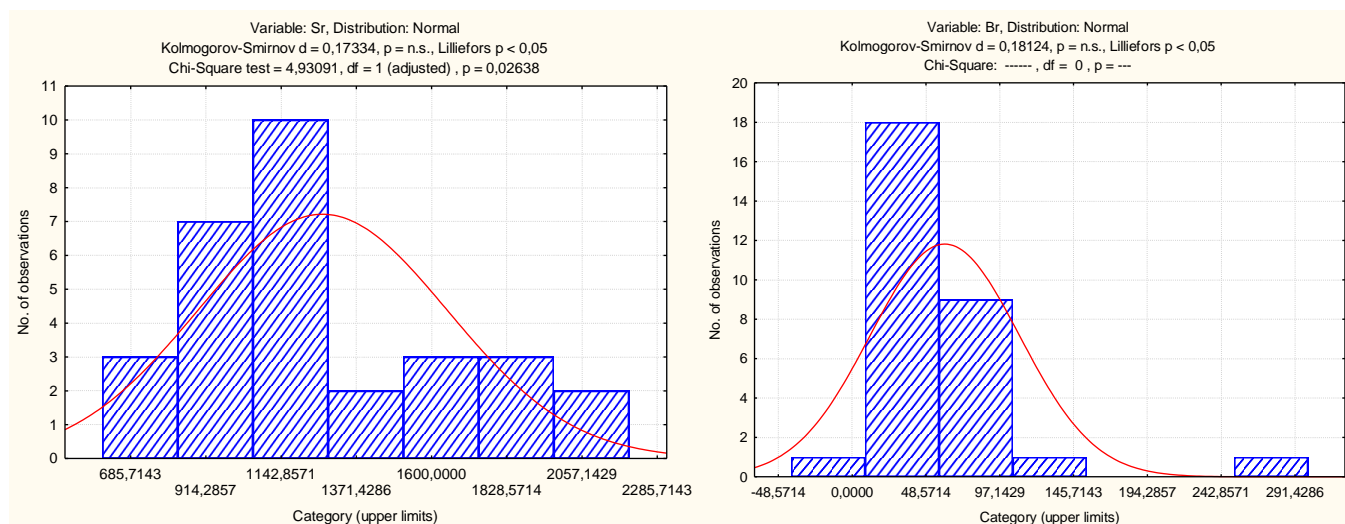


Рисунок 4.19 – Гистограммы распределения содержания элементов с кривой плотности нормального распределения: элемент Sr распределен по нормальному закону, Br – по отличному от нормального закона

Для выявления значимых корреляционных взаимосвязей химических элементов в процессе обработки результатов применен непараметрический тест - коэффициент корреляции Спирмена, поскольку в выборке для ряда элементов характерно распределение отличное от нормального закона. При этом оценка значимости корреляции рассчитывалась с помощью счетчика вероятности на уровне значимости $p=0,05$ для заданного объема выборки (Михальчук, 2006) ($r=0,37$), однако для выявления наиболее значимых корреляционных связей и формирования граф-ассоциаций критическое значение корреляции повышено до величины 0,85.

Результаты вычисления R Спирмена представлены на рисунке 4.20.

Spearman Rank Order Correlations (База листьѧ)																									
MD pairwise deleted																									
Marked correlations are significant at p <.01000																									
Variable	Sm	Ce	Ca	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	As	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe	Zn	Co	Na	Eu	La	Sb
Sm	1,00																								
Ce	0.75	1,00																							
Ca	-0.38	-0.37	1,00																						
Lu	0.78	0.68	-0.29	1,00																					
U	0.60	0.67	-0.48	0.56	1,00																				
Th	0.89	0.86	-0.37	0.76	0.68	1,00																			
Cr	0.58	0.60	-0.36	0.43	0.53	0.72	1,00																		
Yb	0.77	0.81	-0.37	0.74	0.67	0.89	0.73	1,00																	
Au	0.19	0.33	0.02	0.24	0.05	0.20	-0.05	0.18	1,00																
Hf	0.81	0.66	-0.22	0.72	0.51	0.85	0.56	0.83	0.23	1,00															
Ba	0.01	-0.06	0.32	-0.09	-0.16	0.10	0.09	-0.01	-0.21	0.21	1,00														
Sr	-0.23	-0.41	0.30	-0.22	-0.33	-0.42	-0.27	-0.44	-0.02	-0.23	0.16	1,00													
As	0.59	0.67	-0.31	0.50	0.72	0.68	0.53	0.81	0.09	0.68	0.04	-0.28	1,00												
Br	-0.12	-0.26	-0.12	-0.13	0.19	-0.13	-0.01	-0.06	-0.08	-0.17	-0.07	0.24	0.12	1,00											
Cs	0.59	0.72	-0.35	0.50	0.53	0.61	0.43	0.58	0.18	0.55	-0.09	-0.14	0.48	-0.25	1,00										
Tb	0.35	0.51	0.22	0.34	0.28	0.53	0.43	0.52	0.08	0.51	0.15	-0.27	0.34	-0.29	0.47	1,00									
Sc	0.90	0.89	-0.35	0.80	0.73	0.96	0.72	0.92	0.24	0.86	0.00	-0.37	0.77	-0.16	0.64	0.53	1,00								
Rb	0.12	0.37	-0.45	0.28	0.34	0.16	0.08	0.20	0.07	0.02	-0.33	-0.38	0.18	0.10	0.38	0.17	0.20	1,00							
Fe	0.82	0.82	-0.31	0.72	0.75	0.90	0.71	0.88	0.18	0.81	0.11	-0.28	0.86	-0.02	0.61	0.47	0.95	0.14	1,00						
Zn	-0.15	-0.07	0.22	0.04	-0.21	-0.07	0.07	0.11	-0.18	0.10	0.42	0.09	0.23	-0.04	-0.22	-0.18	-0.02	-0.26	0.10	1,00					
Co	0.24	0.06	-0.13	0.25	0.33	0.24	0.15	0.13	0.06	0.10	0.19	0.07	0.14	0.43	-0.08	-0.12	0.18	-0.03	0.27	-0.07	1,00				
Na	0.60	0.58	-0.44	0.60	0.49	0.64	0.47	0.72	0.20	0.55	-0.03	-0.25	0.70	0.05	0.31	0.23	0.67	0.23	0.68	0.20	0.28	1,00			
Eu	0.74	0.75	-0.19	0.54	0.54	0.78	0.56	0.74	0.01	0.69	0.07	-0.27	0.68	-0.29	0.57	0.56	0.81	-0.01	0.80	-0.04	-0.08	0.51	1,00		
La	0.74	0.72	-0.28	0.57	0.61	0.82	0.86	0.82	0.03	0.71	0.09	-0.22	0.65	0.01	0.48	0.44	0.86	0.11	0.82	0.09	0.16	0.50	0.70	1,00	
Sb	0.54	0.58	-0.36	0.47	0.55	0.58	0.32	0.55	0.14	0.40	-0.14	-0.42	0.70	0.14	0.31	0.04	0.62	0.25	0.70	0.12	0.18	0.63	0.55	0.45	1,00

Рисунок 4.20 – Результаты вычисления R Спирмена для листьев тополя (полужирным подчеркнутым указаны значимые корреляционные связи)

Таким образом, для формирования граф-ассоциаций выделено 10 элементов (Ce, Yb, Fe, La, Cr, Hf, As, Th, Sm, Sc) (рисунок 4.21). Для всех элементов характерны положительные корреляционные связи.

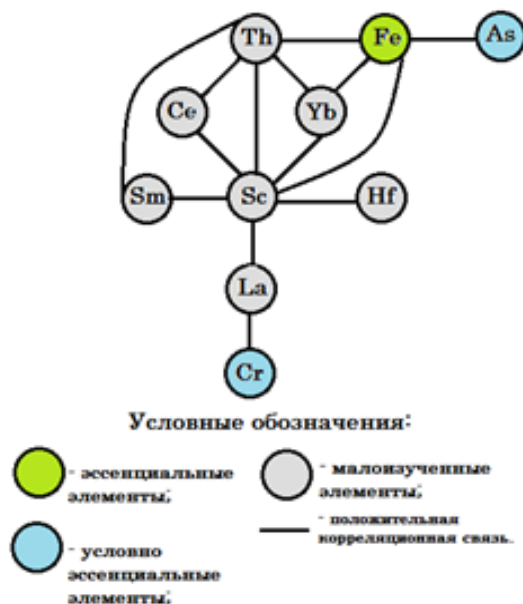


Рисунок 4.21 – Граф-ассоциация элементов для листьев тополя г. Омска

Большинство элементов, образующие корреляционные связи, представляют собой малоизученные элементы (Th, Ce, Yb, Sc, La, Hf, Sm), роль которых в живых организмах мало изучена или не изучена вовсе. Это не исключает вероятности поступления данных элементов в растения в результате техногенного воздействия, поскольку данный перечень элементов является характерным для нефтеперерабатывающего (использование катализаторов), машиностроительного производства; металлургической, стекольной, электронной промышленности. Кроме того, в граф-ассоциации присутствуют эссенциальные и условно эссенциальные элементы (Fe, As, Cr).

Интерпретация данной граф-ассоциации относительно классификации П. С. Гольдшмидта установило присутствие значимых корреляционных связей между литофильными элементами (Th, Ce, Yb, Sc, Sm, Hf, La, Cr), сидерофильным (Fe) и халькофильным (As).

Проведение кластерного анализа ассоциации микроэлементов в листьях тополя и построение дендрограммы для территории г. Омска позволило выделить 2 крупных кластера, которые представлены на рисунке 4.22.

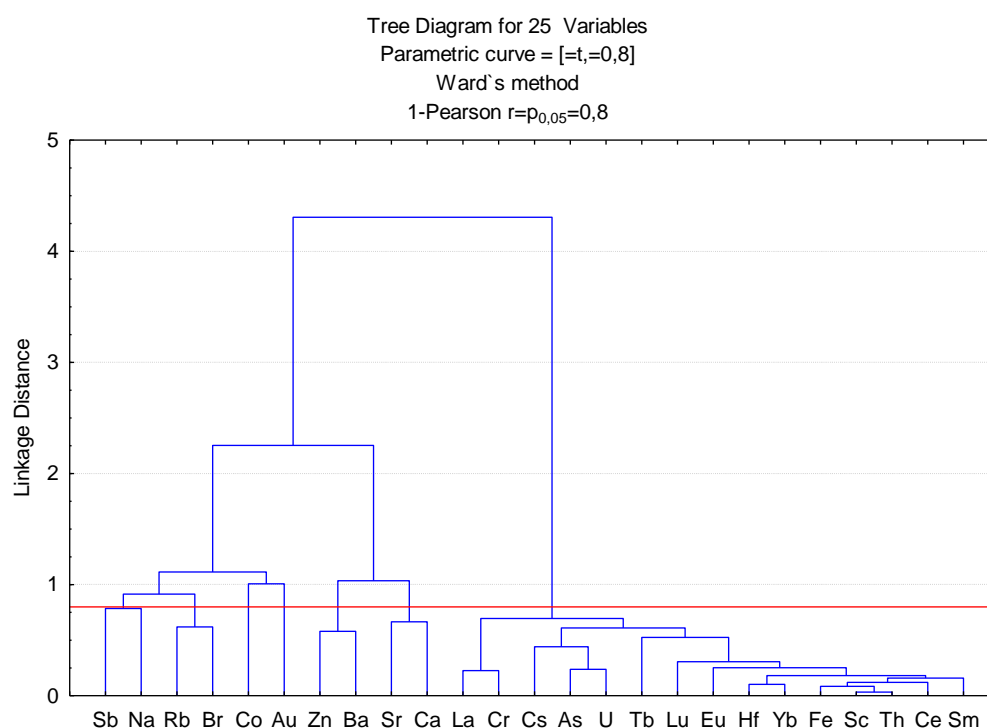


Рисунок 4.22 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в листьях тополя г. Омска ($1\text{-Person } r_{0,05} = 0,8$; объем выборки – 30 проб)

На дендрограмме корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в листьях тополя города выделяются следующие ассоциации со значимыми коэффициентами: Sc-Th-Fe-Ce-Sm-Hf-Yb-Eu-Lu. Менее значимые связи в ассоциациях La-Cr, As-U-Cs, Sr-Ca, Zn-Ba, Rb-Br.

Данные ассоциации являются характерными элементами для нефтеперерабатывающих, металлургических и металлообрабатывающих предприятий, топливно-энергетического комплекса.

Проведение факторного анализа методом главных компонент выявил значимое воздействие на распределение элементов первого и второго факторов (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Факторные нагрузки в выбранной 2-х факторной модели

Элемент	Sm	Ce	Ca	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	As
Фактор-1	0,9	0,9	-0,3	0,8	0,8	1,0	0,6	0,9	0,2	0,9	0,1	-0,1	0,8
Фактор-2	-0,1	0,04	-0,5	0,1	0,4	-0,1	-0,001	0,1	-0,2	-0,1	-0,4	0,2	0,3
Элемент	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe	Zn	Co	Na	Eu	La	Sb	Expl.Var
Фактор-1	0,1	0,7	0,7	1,0	0,1	0,9	-0,01	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	11,2
Фактор-2	0,9	0,3	-0,5	0,02	0,6	0,1	-0,02	0,1	0,3	-0,4	0,1	0,3	2,6

Первый фактор оказывает значимую нагрузку на дисперсию компонентов Sm, Ce, Lu, U, Th, Yb, Hf, As, Cs, Sc, Fe, Eu, La. Нагрузка, обусловленная воздействием второго фактора, приходится на Br (рисунок 4.23).

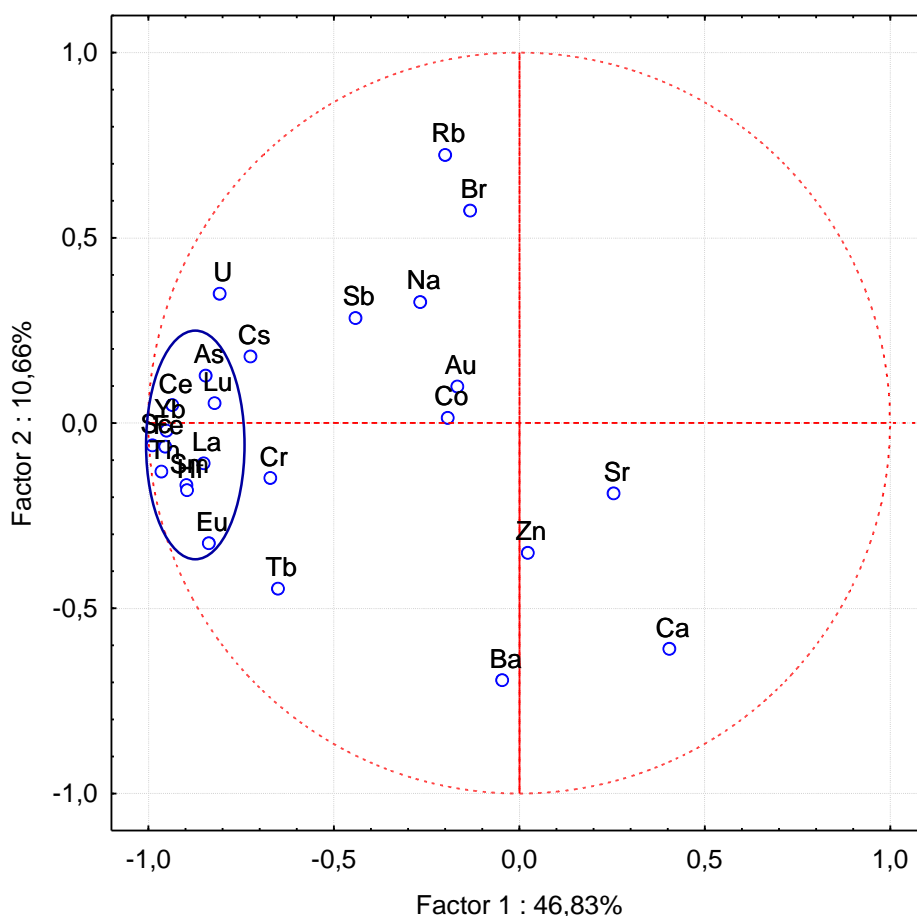


Рисунок 4.23 – Круговая диаграмма факторных нагрузок химических элементов в листьях тополя г. Омска

Таким образом, изучение элементного состава золы листьев тополя способствует выявлению геохимических особенностей территории, связанных с распределением химических элементов, зависимостью поведения одних элементов от других, а также предположением путей поступления данных элементов в листья тополя.

Для территории города характерны значимые корреляционные связи между As, Ce, Cs, Th, Eu, Hf, La, Sc, Sm Yb.

По результатам проведенного ИНАА листьев тополя для территории г. Омска, районов города, а также для фоновой территории рассчитано среднее содержание химических элементов (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Средние содержания элементов в листьях тополя районов г. Омска, мг/кг

Эл-т	Районы					Среднее по г. Омску (30 проб)	Фон (п. Любинский)
	Совесткий (9 проб)	Центральный (3 пробы)	Октябрьский (10 проб)	Ленинский (5 проб)	Кировский (3 пробы)		
Na, %	0,1±0,03	0,2±0,1	0,1±0,03	0,1±0,2	0,3±0,1	0,2±0,03	0,3
Ca, %	16,2±0,8	15,9±1,6	16,6±0,5	15,8±0,6	14,7±0,2	16,2±0,3	13,8
Fe, %	0,3±0,1	0,4±0,1	0,5±0,05	0,4±0,03	0,6±0,1	0,4±0,03	0,1
Br	63,5±9,5	75,3±13,6	29,6±4,2	61,0±21,9	133,0±66,4	61,0±9	45,5
Ba	203,1±16,1	216,1±6,3	225,4±15,3	255,4±17,4	171,4±13,2	211,5±8,1	162,0
Co	12,8±2,3	30,3±15,0	14,7±1,3	12,1±2,7	22,4±6,1	15,7±1,9	15,8
Cr	19,4±3,6	16,2±5,0	26,3±2,5	16,2±1,6	21,6±4,7	17,2±1,5	3,4
Sb	0,8±0,3	2,4±1,6	0,7±0,1	0,9±0,1	1,4±0,3	1,1±0,2	0,1
As	1,6±0,3	2,6±0,7	1,7±0,2	2,4±0,2	3,3±0,9	2,1±0,2	1,3
Au	0,010±0,002	0,01±0,003	0,02±0,004	0,01±0,004	0,02±0,002	0,01±0,002	0,02
Zn	1303,2±241,8	1183,8±516,3	506,9±272,5	2877,9±367,6	811,6±389,1	1315,7±142,7	1260,1
Редкие элементы							
Rb	17,6±3,2	21,4±4,8	14,7±1,4	4,1±3,7	39,5±5,8	19,6±1,8	10,0
Cs	0,3±0,1	0,2±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,7±0,2	0,3±0,04	0,04
Sr	1392,5±164,3	1039,8±155,2	912,5±64,4	1766,3±197,6	1452,5±142,7	1268,8±69,2	987,0
Hf	0,2±0,1	0,3±0,2	0,4±0,05	0,4±0,03	0,6±0,3	0,3±0,04	0,3
Sc	0,8±0,2	0,9±0,3	1,5±0,1	0,8±0,05	1,6±0,4	1,0±0,1	0,3
Редкоземельные элементы							
Tb	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,02	0,1±0,02	0,1±0,04	0,05±0,01	0,1
Sm	0,5±0,1	0,6±0,3	1,2±0,1	0,6±0,1	1,1±0,3	0,7±0,1	0,1
Eu	0,1±0,02	0,1±0,03	0,1±0,02	0,1±0,01	0,1±0,04	0,1±0,01	0,1
La	3,9±0,7	3,3±1,0	5,2±0,4	2,8±0,2	5,4±1,4	3,6±0,3	1,1
Ce	4,5±0,8	5,0±2,3	9,2±0,7	1,8±0,4	8,9±2,0	5,2±0,5	1,7
Yb	0,2±0,05	0,2±0,1	0,4±0,03	0,2±0,03	0,4±0,2	0,2±0,03	0,1
Lu	0,03±0,004	0,03±0,01	0,1±0,004	0,05±0,01	0,1±0,01	0,04±0,004	0,03
Радиоактивные элементы							
Th	0,5±0,1	0,6±0,2	0,9±0,1	0,5±0,1	1,0±0,3	0,6±0,1	0,3
U	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,04	0,2±0,04	0,7±0,2	0,4±0,04	0,4

Примечание: в таблице приведены результаты инструментального нейтронно-активационного анализа; среднее±стандартная ошибка; жирным шрифтом выделены значения, превышающие среднее по г. Омску.

При сопоставлении результатов анализа для листьев тополя территории г. Омска и фоновых содержаний выявлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов.

Относительно содержания химических элементов в фоновых пробах, на территории города Омска происходит накопление таких элементов, как Sb, Cs, Sm, Cr, Sc, La, Ce, Th, Yb, Co, Fe, Rb, As, Lu, Br, U, Ba, Sr, Ca, Hf, Eu, Zn (рисунок 4.24).

Минимальное превышение фонового содержания составляет 1,1 раза для Zn, Hf, Eu, максимальное - 11,2 раза для Sb.

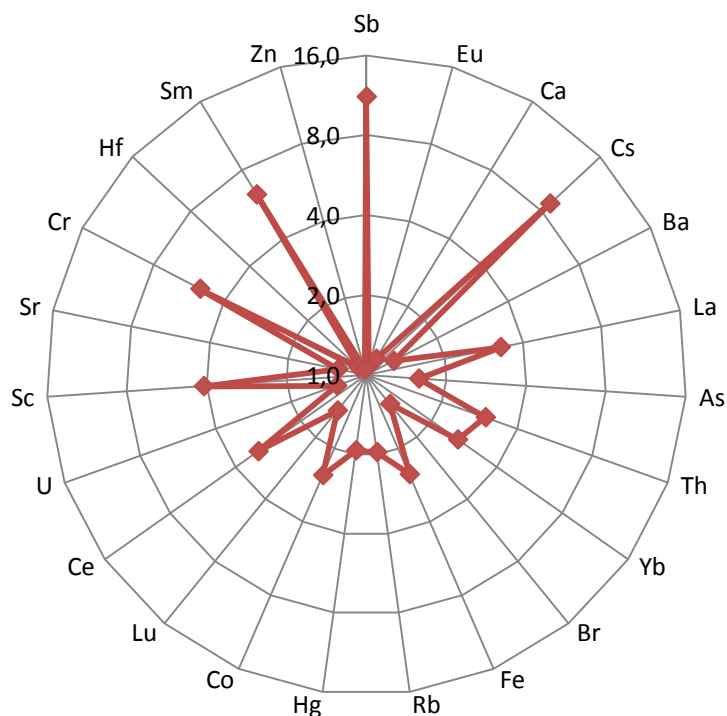


Рисунок 4.24 – Коэффициенты концентраций элементов относительно фоновых значений в листьях тополя г. Омска

Для характеристики интенсивности накопления химических элементов листьями тополя, помимо фоновых значений п. Любинский, рассчитаны коэффициенты концентрации относительно:

- 1) кларка биосферы по М.А. и М.Ф. Глазовским [22];
- 2) средних содержаний элементов в золе современных континентальных растений [90].

По результатам расчетов сформированы ряды биологического накопления химических элементов листьями тополя (таблица 4.20).

Таблица 4.20 – Ассоциации химических элементов в листьях тополя на территории г. Омска

Параметр	Биогеохимический ряд
Относительно фоновых содержаний (п. Любинский);	Sb _{11,2} -Cs _{8,8} -Sm _{6,2} -Cr _{5,1} -Sc _{4,1} -La _{3,3} -Ce _{3,1} -Th _{3,0} -Yb _{2,6} -Co _{2,6} -Fe _{2,6} -As _{1,6} - Lu _{1,5} -Br _{1,4} -U _{1,3} -Ba _{1,3} -Sr _{1,3} -Ca _{1,2} -Hf _{1,1} -Eu _{1,1} -Zn _{1,1}

Продолжение таблицы 4.20

Относительно кларка биосферы по Глазовским (Глазовская, 1988);	$Sr_{31,7}-Zn_{28,6}-Au_{16,1}-Ca_{10,2}-Ba_{5,9}-Sb_{4,3}-Br_{2,4}$
Относительно средних содержаний элементов в золе современных континентальных растений (Ткалич, 1969).	$Sr_{42,3}-Sb_{21,7}-As_{7,0}-Hf_{6,5}-Ca_{4,1}-Ba_{2,1}-Zn_{1,5}-Th_{1,3}$

Во всех биологических рядах стабильно присутствуют Sr, Sb, Zn, Ca, Ba. Кроме того, относительно кларка биосферы, в листьях тополя установлен факт накопления Au и Br, а относительно средних содержаний в золе континентальных растений As и Th. Все перечисленные элементы совпадают с перечнем элементов, превышающих значения фоновых концентраций (п. Любинский).

Для выявления специфики районов города на основе рассчитанных коэффициентов концентрации сформированы биогеохимические ряды (таблица 4.21).

Для оценки суммарного загрязнения районов города и города в целом использованы два показателя: аддитивный геохимический индекс (A_{gi}) и показатель биогеохимической трансформации (Z_v), позволяющий установить уровень экологической опасности путём сопоставления с установленной градацией [85].

Таблица 4.21 – Значения коэффициентов концентраций химических элементов в листьях тополя районов г. Омска (по данным ИНАА)

Территория		Коэффициент концентрации (КК)	Z_v уровень эк. опасности	A_{gi}
г. Омск		$Sb_{11,2}-Cs_{8,8}-Sm_{6,2}-Cr_{5,1}-Sc_{4,1}-La_{3,3}-Ce_{3,1}-Th_{3,0}-Yb_{2,6}-Co_{2,6}-Fe_{2,6}-As_{1,6}-Lu_{1,5}-Br_{1,4}-U_{1,3}-Ba_{1,3}-Sr_{1,3}-Ca_{1,2}-Hf_{1,1}-Eu_{1,1}-Zn_{1,1}$	<u>44,7</u> очень высокий	<u>4,1</u>
Район города	Советский	$Sb_{8,5}-Cs_{7,1}-Cr_{5,7}-Sm_{4,2}-La_{3,6}-Ce_{2,7}-Sc_{2,5}-Fe_{2,1}-Yb_2-Th_{1,9}-Sr_{1,4}-Br_{1,4}-Ba_{1,3}-As_{1,2}-Lu_{1,2}-Ca_{1,2}$	<u>31,9</u> высокий	<u>3,8</u>
	Центральный	$Sb_{24,4}-Sm_{5,9}-Cs_{5,7}-Cr_{4,8}-Ce_3-La_3-Sc_{2,9}-Fe_{2,6}-Yb_{2,5}-Th_{2,5}-Rb_{2,1}-As_2-Co_{1,9}-Br_{1,7}-Ba_{1,3}-Ca_{1,2}-Lu_{1,1}-Sr_{1,1}$	<u>51,5</u> максимальный	<u>4,6</u>
	Октябрьский	$Cs_{12,1}-Sm_{11,1}-Cr_{7,7}-Sb_{7,3}-Ce_{5,6}-La_{4,8}-Yb_{4,5}-Sc_{4,5}-Th_{3,6}-Fe_{3,4}-Lu_{2,2}-Eu_{2,1}-Rb_{1,5}-Ba_{1,4}-Hf_{1,3}-As_{1,3}-Ca_{1,2}-Au_{1,1}-U_{1,1}$	<u>57,8</u> максимальный	<u>5,4</u>

Продолжение таблицы 4.21

Ленинский	Sb _{9,7} -Cs ₇ -Sm _{5,2} -Cr _{4,8} -Yb ₃ -Fe _{2,9} -Sc _{2,6} -La _{2,6} -Zn _{2,3} -Lu _{1,9} - Th _{1,8} -Sr _{1,8} -As _{1,8} -Ba _{1,6} -Br _{1,3} -Hf _{1,2} -Eu _{1,2} -Ca _{1,1} -Ce _{1,1}	<u>34,2</u> высокий	<u>3,5</u>
Кировский	Cs _{18,1} -Sb _{14,6} -Sm _{10,1} -Cr _{6,3} -Ce _{5,4} -La _{4,9} -Sc _{4,9} -Yb _{4,7} -Fe ₄ - Rb _{3,9} -Th _{3,8} -Br _{2,9} -Lu _{2,7} -As _{2,5} -U _{1,8} -Sr _{1,5} -Eu _{1,4} -Co _{1,4} -Ca _{1,1} - Ba _{1,1}	<u>78</u> максимальный	<u>5,5</u>

Сравнительная диаграмма значений коэффициентов концентраций химических элементов в почвах районов г. Омска представлена на рисунке 4.25.

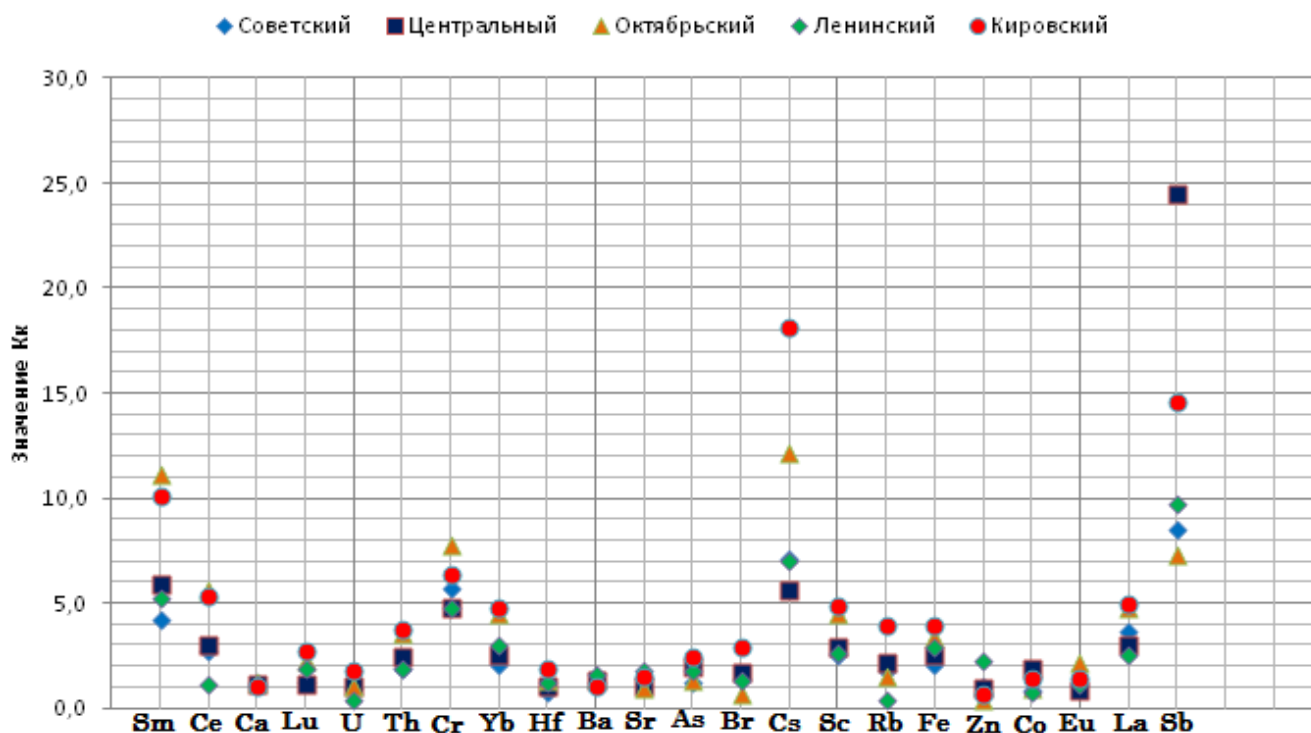


Рисунок 4.25 – Коэффициенты концентраций элементов относительно фона (п. Любинский) в листьях тополя районов г. Омска

Спецификой листьев тополя в Советском районе города является повышенные содержания относительно фоновых значений Sb, Cs, Cr, Sm, La, Ce, Sc, Fe, Yb, Br. Такую специфику можно объяснить функционированием в пределах района Омского нефтеперерабатывающего завода и сопутствующих нефтехимических производств, использующих в своих процессах катализаторы, содержащие редкоземельные элементы; ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4, последняя из которых использует в качестве сырья экибастузский каменный

уголь, содержащий в своем составе редкие, редкоземельные металлы, ртуть; литейно-механического производства.

Специфика Центрального района проявляется в накоплении в листьях тополя аналогичных элементов, как и в Советском районе (Sb, Sm, Cs, Cr, Ce, La, Sc, Fe, Yb), а также Th, Rb, As. Накопление в районе данного перечня элементов может быть связано с воздушным переносом загрязняющих веществ от промышленной зоны ОНПЗ по преобладающему направлению ветра. Кроме того, непосредственно в районе расположены приборостроительные и машиностроительные предприятия (Омский агрегатный завод, Омский приборостроительный завод, Омский завод металлоизделий и др.), в производственных процессах которых используется Rb, RE, а также функционирует крупнейшая в городе ТЭЦ-5, на которой в качестве основного топлива используется экибастузский каменный уголь.

В листьях тополя Октябрьского района относительно фоновых содержаний накапливаются Cs, Sm, Cr, Sb, Ce, La, Yb, Sc, Th, Fe, Lu, Eu. В районе расположены шинный завод, лакокрасочный завод, металлообрабатывающие производства, проходят крупные автомагистрали и железнодорожные пути.

Листьям тополя Ленинского района также свойственно накопление относительно фоновых содержаний Sb, Cs, Sm, Cr, Yb, Fe, Sc, La, Zr, однако в меньшей степени по сравнению с Центральным и Октябрьским районами.

Техногенная нагрузка данного района обусловлена наличием предприятий машиностроительной, металлообрабатывающей, точной, приборостроительной отраслями промышленности, в производственных процессах которых также используется сырье с содержанием редких и редкоземельных элементов.

Спецификой Кировского района является накопление в листьях тополя Cs, Sb, Sm, Cr, Ce, La, Sc, Yb, Fe, Rb, Th, Br, Lu, As, U, Sr. Повышенное среднее содержание Sr и U может быть объяснено влиянием крупной Кировской районной котельной, сжигающей каменный уголь. Повышенные содержания Br, Fe, Rb вероятнее всего, связаны с функционированием Омского

электромеханического завода. Помимо перечисленного на территории района функционирует стекольный завод, трубный завод и завод трубной изоляции.

Таким образом, для листьев тополя территории г. Омска выявлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Относительно содержания химических элементов в фоновых пробах, на территории всех районов города Омска происходит накопление таких элементов, как Sb, Sm, Cs, Cr, Ce, La, Sc, Fe, Yb, в отдельных районах Br, Zn, Th, As, Rb.

По рассчитанным ранее аддитивному геохимическому индексу и показателю биогеохимической трансформации построены карты-схемы распределения значений с целью выявления ореолов суммарного загрязнения листьев тополя (рисунок 4.26).

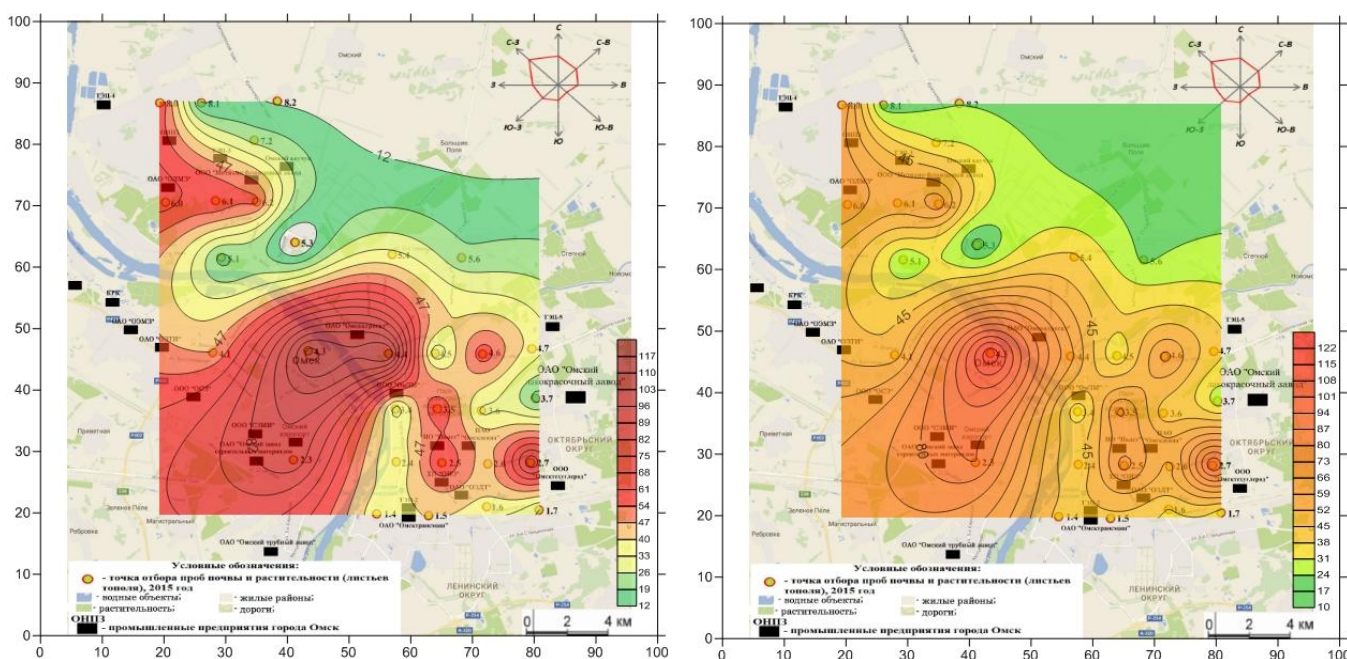


Рисунок 4.26 – Карта-схема распределения загрязнения листьев тополя на территории г. Омска (слева - показатель биогеохимической трансформации, ед.; справа - аддитивный геохимический индекс, ед.)

Используемые эколого-геохимические показатели имеют схожее пространственное распределение значений в пределах города. На обеих картах-схемах распределения четко выделяются ореолы повышенных

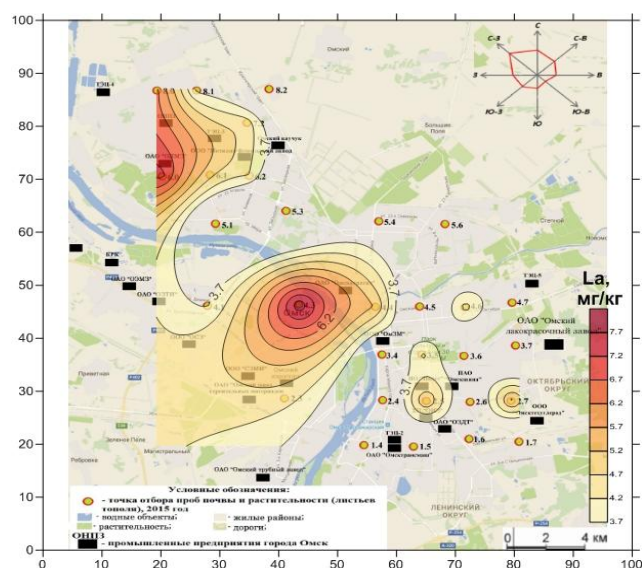
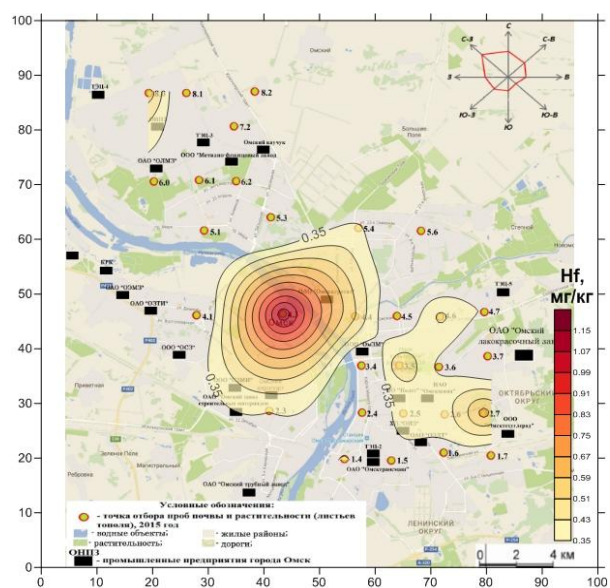
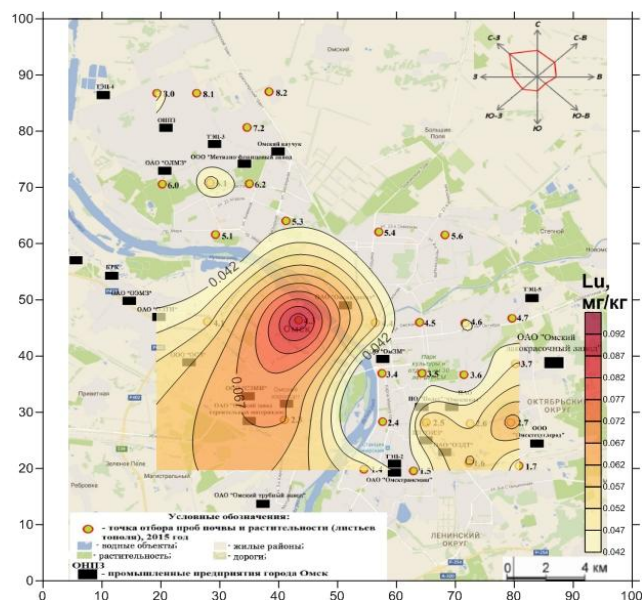
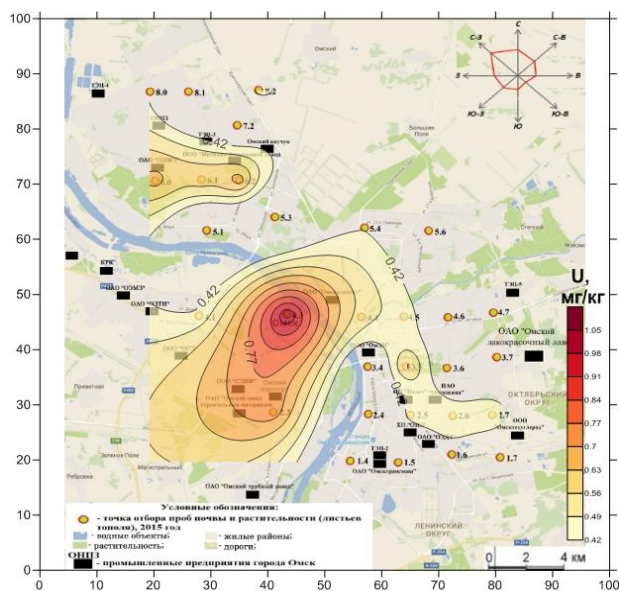
значений данных показателей, которые соответствуют высокой степени экологической опасности. Локализация ореолов происходит в районе промышленной зоны ОНПЗ, в районе октябрьского промышленного узла, в пределах которого расположены основные предприятия машиностроительной, приборостроительной, точной, авиационной, химической отраслей промышленности. Кроме того, наиболее крупный ореол повышенных значений выделен в 10 км по преобладающему направлению ветра от ОНПЗ, в Кировском районе, в пределах которого также расположен автовокзал, аэропорт, стекольный и электромеханический завод, комбинат строительных материалов, на противоположном берегу - Омский агрегатный завод.

Обращает на себя внимание тот факт, что локализация ореолов повышенных значений по показателям соответствует районам, для которых установлена высокая и чрезвычайно высокая степень загрязнения снегового покрова, а для земель района расположения ОНПЗ и Октябрьского промышленного узла установлена категория «сильно» и «очень сильно» загрязненных (карты представлены в главе 3 «Характеристика территории г. Омска»). На основании данных фактов можно предположить, что формирование ореола повышенного загрязнения связано именно с поступлением вредных веществ в листья тополя из атмосферного воздуха.

Проведенные исследования элементного состава листьев тополя позволили выделить в пределах территории города Омска ореолы с повышенными содержаниями относительно фоновой территории некоторых химических элементов. Об этом свидетельствуют карты-схемы пространственного распределения содержаний химических элементов в пределах города.

Полиэлементная аномалия содержания в листьях тополя As, Ce, Cr, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Sc, Sm, Th, U, Yb фиксируется в Кировском районе, в 10 км от промышленной зоны ОНПЗ по преобладающему направлению ветра. Для всех элементов установлены значимые корреляционные связи, в связи с чем

можно предположить о наличии техногенного источника поступления данных элементов в листья тополя. В непосредственной близости осуществляют свою деятельность Омский стекольный завод, Омский завод технических изделий, Сибирский завод металлоконструкций, Омский агрегатный завод, располагается аэропорт и автовокзал.



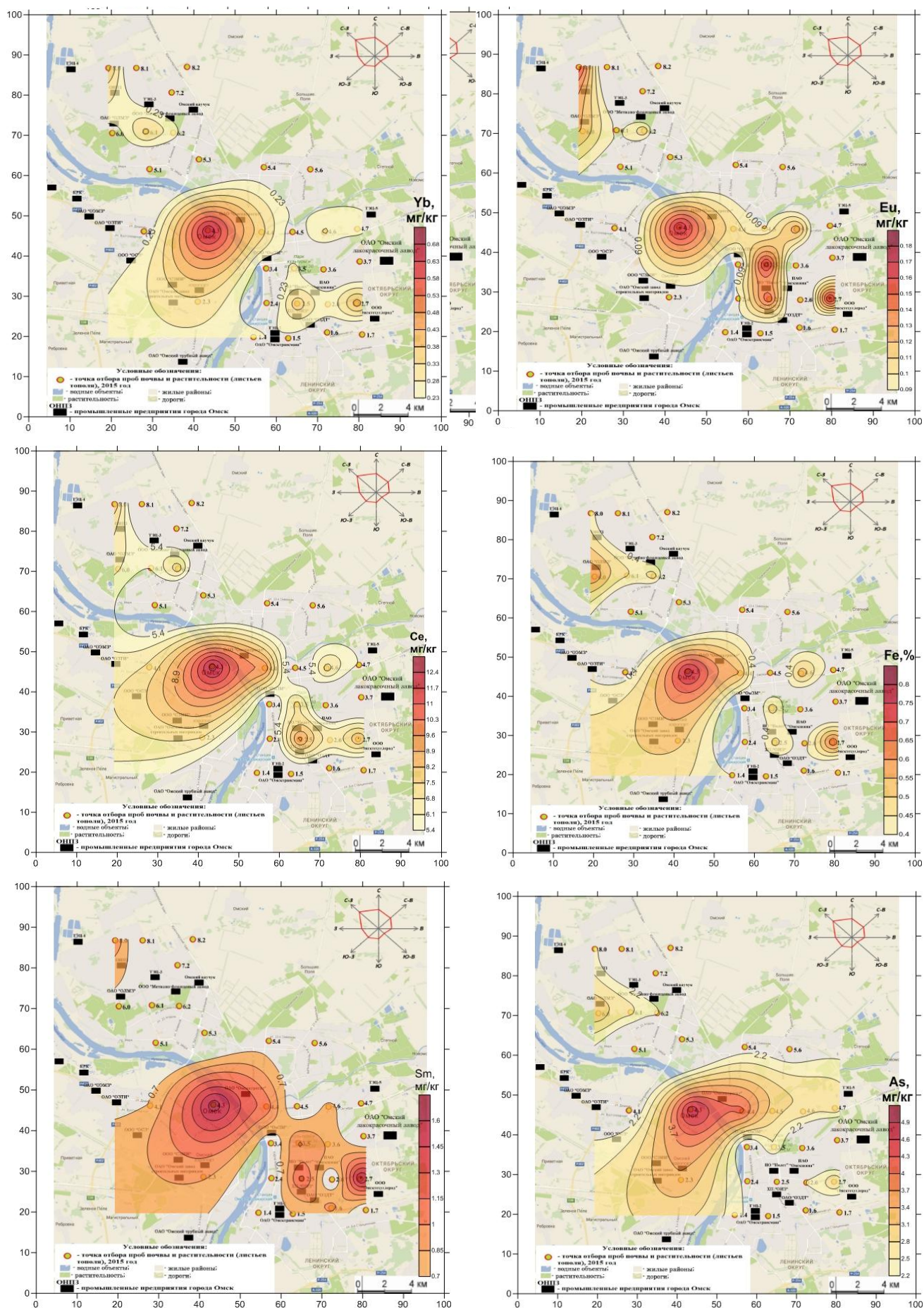


Рисунок 4.27 – Карты-схемы пространственного распределения содержаний элементов в листьях тополя

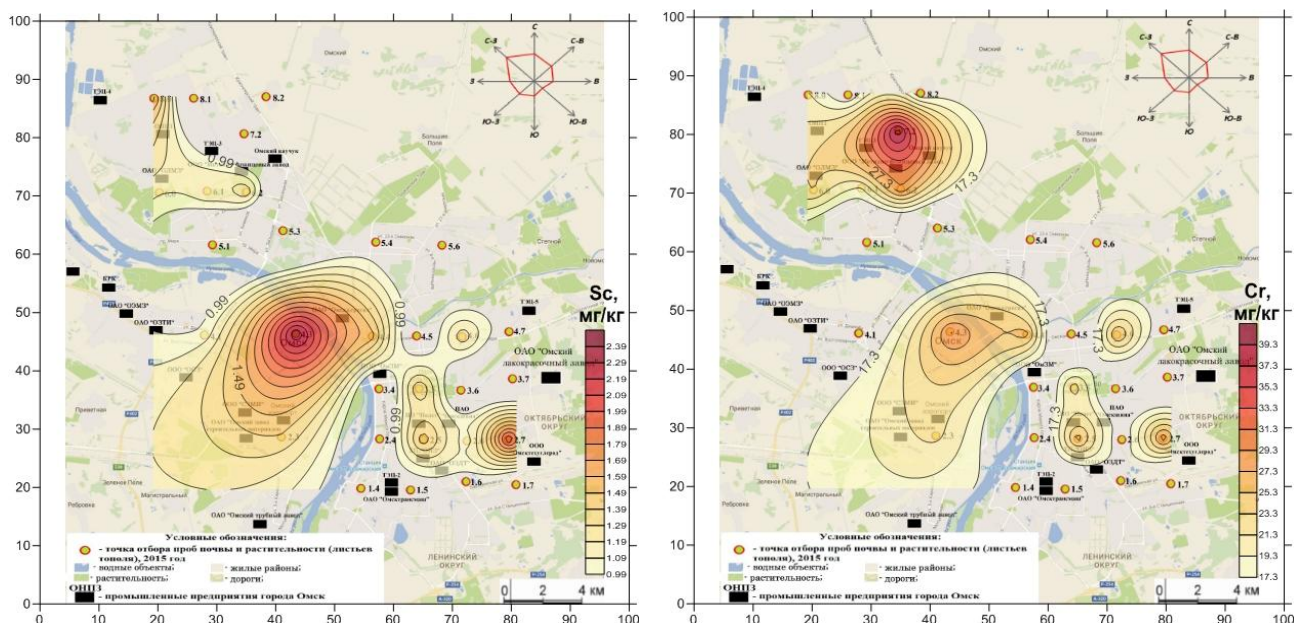


Рисунок 4.27 – Карты-схемы пространственного распределения содержаний элементов в листьях тополя (окончание)

Образование подобной полиэлементной аномалии может быть связано как с воздействием ОНПЗ и сопутствующих производств и ветровым переносом вредных веществ, поскольку редкоземельные элементы широко используются в нефтепереработке и нефтехимии (в составе катализаторов для крекинга нефти, а также присадок в дизельное топливо), так и воздействием располагающихся в районе производств. Так, стекольный завод может являться источником поступления в природную среду La, Lu, Ce; Омский агрегатный завод, ОАО «Омсктрансмаш» - Sm; ПО «Полет» - Sc.

Интенсивный ореол повышенных значений по Cr зафиксирован в районе промышленной зоны ОНПЗ, около Омского литейно-механического завода, который, скорее всего, и является источником поступления данного элемента в природную среду. Данный факт применим к Sm и La, поскольку данные редкие элементы активно используются в металлургических процессах, поскольку позволяют повышать качество сплавов.

Схожее пространственное распределение содержаний элементов в Кировском районе характерно для Br, Cs и Rb (рисунок 4.28).

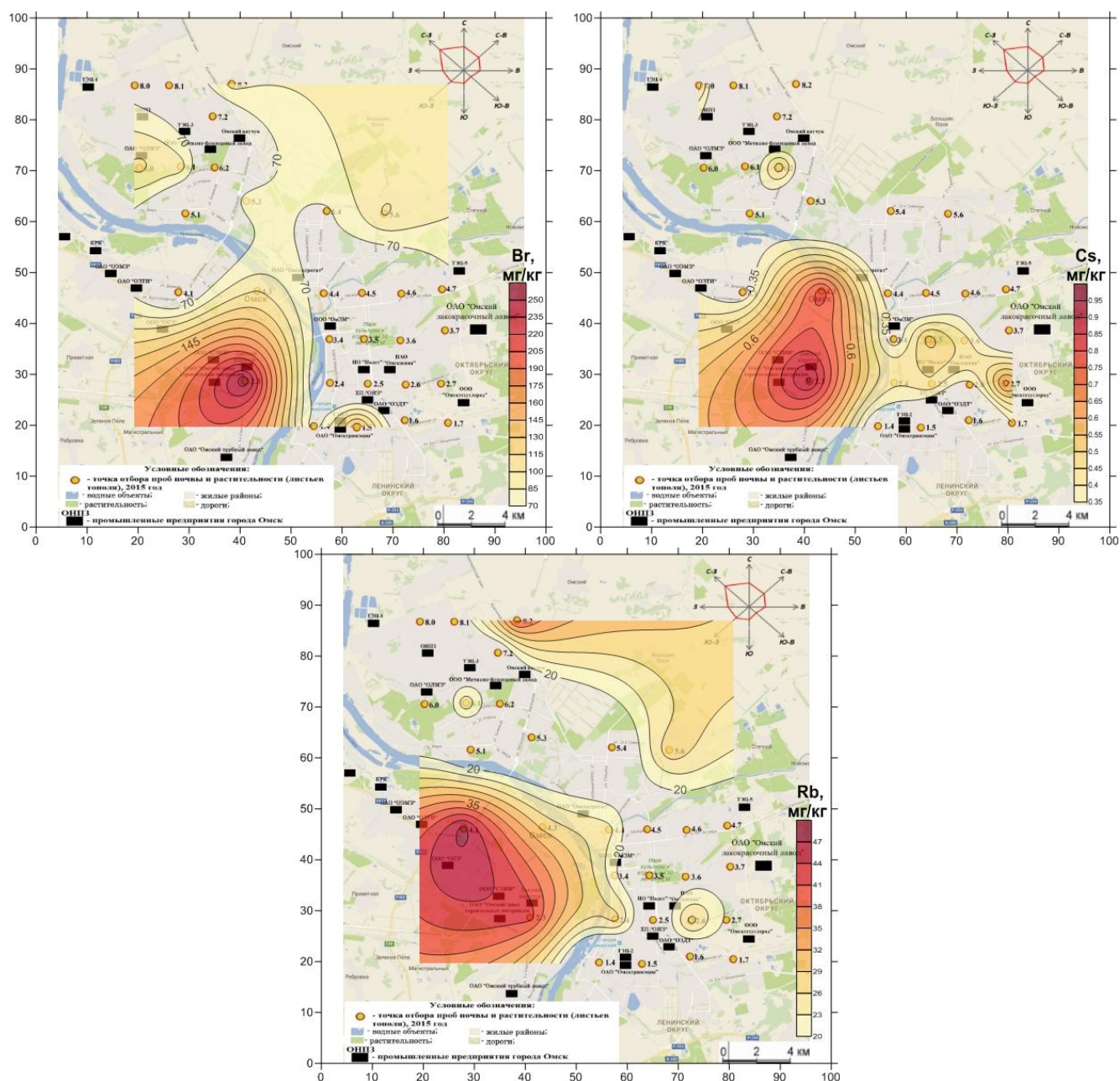


Рисунок 4.28 – Карты-схемы пространственного распределения содержаний элементов в листьях тополя

Все перечисленные элементы обладают высокой каталитической активностью и широко используются в основном для переработки нефти на ряд важных продуктов, в связи с чем не стоит исключать в качестве источника возникновения аномалии воздействие ОНПЗ. Кроме того, повышенные концентрации Br в районе могут быть связаны с сжиганием угля Кировской районной котельной, либо расположением вблизи Омского аэропорта, поскольку Br добавляется в качестве присадки в топливо для

самолетов и при осуществлении взлета и посадки может поступать в природную среду [96].

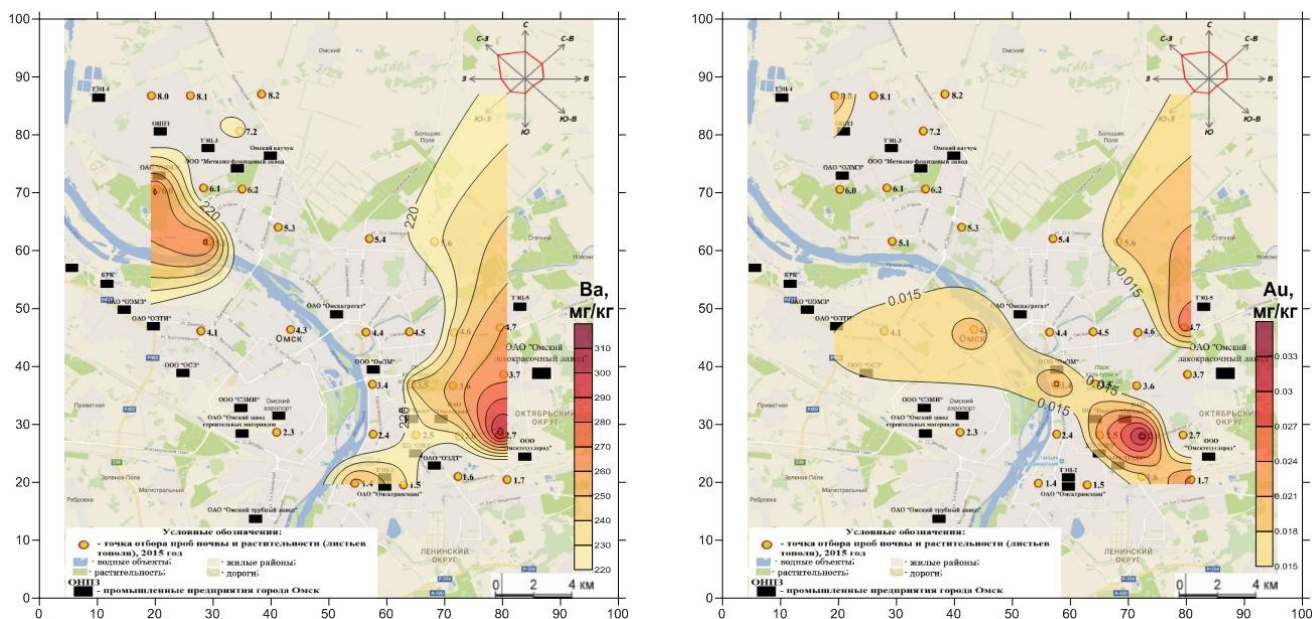


Рисунок 4.29 – Карты-схемы пространственного распределения содержаний Ba и Au в листьях тополя

Повышенные содержания Ba выявлены в районе расположения Омского завода деталей трубопроводов и Омского литейно-механического завода, возможной причиной такого накопления является добавление бария совместно с цирконием в жидкометаллические теплоносители для уменьшения агрессивности последних к трубопроводам, и в металлургии.

Золото концентрируется в листьях тополя преимущественно в районе Октябрьского промышленного узла, где сосредоточены предприятия приборостроительной, оптической, электронной промышленности.

Для стронция и цинка характерно наличие нескольких ореолов повышенных значений относительно фоновых концентраций на территории города. Они, как правило, располагаются в районе машиностроительных и металлургических предприятий, что, вероятно, связано с широким применением данных металлов в соответствующих отраслях промышленности (рисунок 4.30).

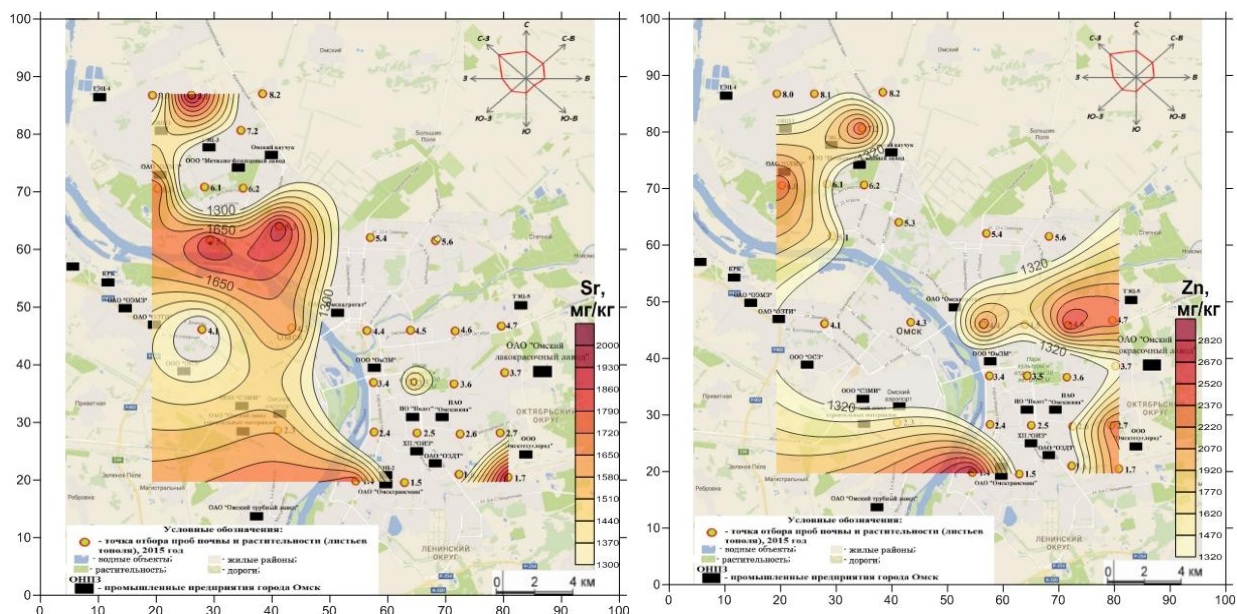


Рисунок 4.30 – Карты-схемы пространственного распределения содержаний Sr и Zn в листьях тополя

Так, ореолы повышенных значений цинка и стронция выявлены в районе расположения ОАО «Омсктрансмаш», ОАО «Омсктехуглерод», Омский завод трубной изоляции, Омский литейно-механический завод, Омский агрегатный завод.

В таблице 4.22 приведены данные среднего содержания элементов золе листьев тополя г. Омска, г. Томск, г. Северск, г. Благовещенск, г. Усть-Каменогорск.

Таблица 4.22 – Среднее содержание элементов в листьях тополя, мг/кг

Элементы	Города России			Казахстан
	г. Омск (30 проб)	г. Томск, г. Северск (25 проб) (Юсупов и др., 2015)	г. Благовещенск (40 проб) (Юсупов, 2014)	г. Усть-Каменогорск (101) (Ялалтдинова, 2014)
Na, %	0,2±0,03	0,23	0,34	0,63
Ca, %	16,2±0,3	13,7	12,0	14,5
Fe, %	0,4±0,03	0,31	0,3	0,1
Br	61,0±9	58,3	60,2	137
Ba	211,5±8,1	216	357	124
Co	15,7±1,9	10,3	12,8	8,0
Cr	17,2±1,5	5,8	9,6	3,0
As	1,1±0,2	1,4	1,6	2,6
Sb	2,1±0,2	0,8	0,5	2,2
Au	0,01±0,002	0,07	0,01	0,02

Продолжение таблицы 4.22

Zn	1315,7±142,7	1426	1919	3093
Редкие элементы				
Rb	19,6±1,8	28,6	79,1	33,0
Cs	0,3±0,04	0,3	0,5	0,3
Sr	1268,8±69,2	666	1187	1256
Hf	0,3±0,04	0,4	0,4	0,1
Sc	1,0±0,1	0,7	0,7	0,4
Редкоземельные элементы				
Tb	0,05±0,01	0,1	0,1	0,05
Sm	0,7±0,1	0,8	0,8	0,1
Eu	0,1±0,01	0,2	0,1	0,03
La	3,6±0,3	5,5	6,2	1,1
Ce	5,2±0,5	7,1	9,0	1,9
Yb	0,2±0,03	0,4	0,2	0,1
Lu	0,04±0,004	0,04	0,04	0,01
Радиоактивные элементы				
U	0,4±0,04	0,3	0,3	0,5
Th	0,6±0,1	0,6	0,98	0,2

Примечание: (1) – в скобках количество проб; жирным шрифтом выделены содержания элементов повышенные относительно других городов.

В ходе сравнительного анализа содержаний элементов в листьях тополя г. Омска с территориями других городов установлены повышенные содержания Ca, Fe, Co, Sr, Sc и Cr в листьях г. Омска. Кроме того, по сравнению с г. Томском и г. Благовещенском, в них накапливаются Br, Sb, U в то время как в г. Усть-Каменогорске содержания данных элементов выше. Содержание Ba, Hf и РЗЭ (Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu) в листьях города Омска выше, по сравнению с г. Усть-Каменогорском, но ниже или на одном уровне с рассматриваемыми городами России.

Таким образом, изучение элементного состава золы листьев тополя способствует выявлению геохимических особенностей территории, связанных с распределением химических элементов, зависимостью поведения одних элементов от других, а также предположением путей поступления данных элементов в листья тополя.

Так, вероятно, путь поступления As, Ce, Cs, Eu Hf, La, Sc, Sm, Th, U, Yb в листья тополя - из атмосферного воздуха, а накопление Zn, возможно, связано со спецификой производств города и переходом компонента из почв.

Для территории города характерны значимые корреляционные связи между As, Ce, Cs, Th, Eu, Hf, La, Sc, Sm Yb.

По сравнению с другими городскими территориями, для г. Омска характерным является накопление в листьях тополя Ca, Fe, Co, Sr, Sc и Cr.

4.2.3 Особенности распределения ртути в листьях тополя

Ртутная токсикация растений является наиболее опасным проявлением антропогенного воздействия и приводит к необратимым последствиям в физиологии всего растительного организма.

Поступление ртути из нижних слоев атмосферы в клетки листьев осуществляется через устьица, покровные ткани и цитоплазматические мембраны. Изменение структуры защитных барьеров клеток повышает скорость проникновения ртути в цитоплазму, и она транспортируется по ксилеме на верхушку или края листа.

Листовая диагностика химического состава древесных растений является одним из самых информативных показателей при различных типах и уровнях эмиссионных нагрузок [12].

Согласно данным, полученным в результате проведения атомно-абсорбционного анализа методом «пиролиза», установлено содержание ртути в сухом веществе листьев тополя (таблица 4.23).

Таблица 4.23 – Содержание ртути в сухом веществе листьев тополя, мг/кг

№ пробы	Содержание Hg (мг/кг)	№ пробы	Содержание Hg (мг/кг)
1.4.	0,033	4.4.	0,031
1.5.	0,031	4.5.	0,027
1.6.	0,027	4.6.	0,047
1.7.	0,029	4.7.	0,036
2.3.	0,037	5.1.	0,028
2.4.	0,032	5.3.	0,025
2.5.	0,019	5.4.	0,018
2.6.	0,041	5.6.	0,019
2.7.	0,020	6.0.	0,018
3.4.	0,035	6.1.	0,026
3.5.	0,042	6.2.	0,029
3.6.	0,037	7.2.	0,022
3.7.	0,030	8.0.	0,015
4.1.	0,031	8.1.	0,037
4.3.	0,033	8.2.	0,021

Расчет основных статистических параметров (таблица 4.24) позволил сравнить полученные содержания ртути в исследуемых пробах с литературными данными, кларковым содержанием в живом веществе и фоновой концентрацией.

Таблица 4.24 – Основные статистические параметры выборки

Показатель	Значение
Среднее по выборке	0,029
Среднее на фоновой территории	0,015
Стандартная ошибка	0,0017
Медиана	0,029
Мода	0,018
Стандартное отклонение	0,009
Экссесс	-0,73
Асимметричность	0,096
Минимум	0,011
Максимум	0,047

По данным проведенного анализа определено, что в пробах, отобранных в пределах территории города, среднее содержание ртути в листьях тополя составляет 0,029 мг/кг, при этом содержание ртути изменяется от 0,011 до 0,047 мг/кг, в образцах, отобранных на фоновой территории – 0,015 мг/кг.

Среднее содержание ртути в целом по городу, включая жилую и промышленную территории, превышает фоновое в 2 раза, а в точках с наибольшим содержанием ртути в листьях тополя - в 3 раза.

Относительно среднего содержания ртути в наземных растениях по Добровольскому (0,012 мг/кг) установлено превышение практически во всех пунктах отбора проб, при этом максимальное превышение - в 4 раза.

Пространственное распределение ртути в сухом веществе листьев тополя представлено на рисунке 4.31.

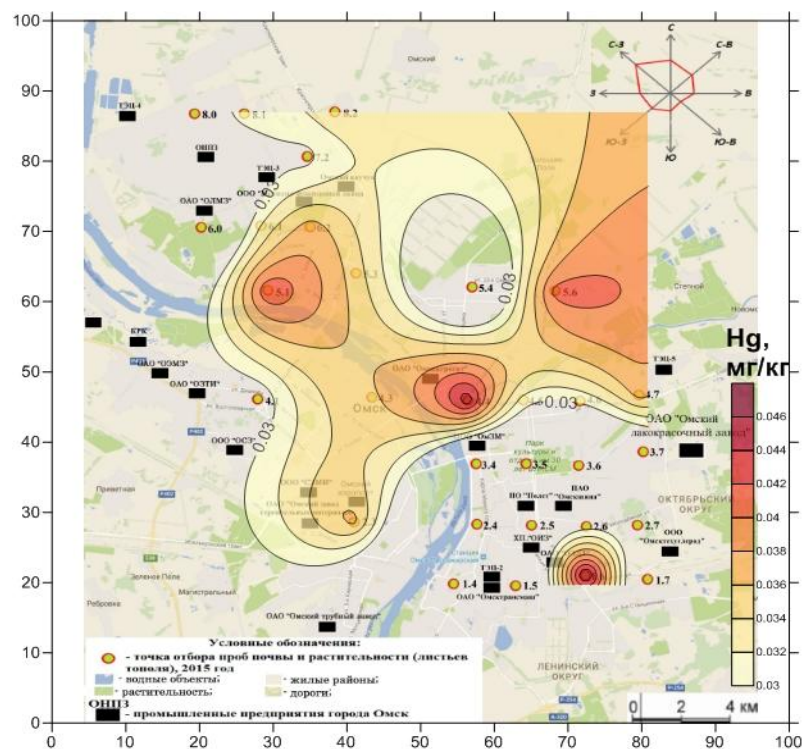


Рисунок 4.31 – Распределение содержаний ртути в сухом веществе листьев тополя города

Распределение содержаний ртути в сухом веществе листьев тополя на территории города неравномерное. Выделяется несколько ореолов с повышенными значениями по данному показателю относительно фонового значения. К таковым относится район расположения ОАО «Омский завод строительных материалов», Омский завод деталей трубопроводов, ТЭЦ-5, а также вытянутый ореол наблюдается по преобладающему направлению ветра от зоны влияния ОНПЗ, ОАО «Омский каучук», ТЭЦ-4.

Содержание ртути в сухом веществе листьев тополя по районам города представлено в таблице 4.25.

Таблица 4.25 – Содержание ртути в листьях тополя районов города Омска

Параметр	Содержание Hg в почвах, мг/кг
Центральный район (3)	0,033
Кировский район (3)	0,033
Ленинский район (5)	0,022
Октябрьский район (10)	0,026
Советский район (9)	0,032

Продолжение таблицы 4.25

Фон (п. Любинский)	0,015
--------------------	-------

Примечание: в скобках указан объем выборки

Сравнение районов города по данному показателю позволило сделать ряд выводов. Для всех районов установлено превышение по данному показателю относительно фонового значения от 1,5 до 2,2 раз.

Максимальные значения отмечены в Центральном и Кировском районах города, в пределах которых располагаются Омский электромеханический завод, стекольный завод, завод трубной изоляции, крупная котельная, а также агрегатный завод и завод металлоконструкций. Незначительно уступает по данному показателю Советский район, в пределах которого функционирует крупная нефтехимическая промышленная зона.

На рисунке 4.32 приведена диаграмма содержания ртути в листьях тополя на территориях других городов Сибири для проведения сравнительного анализа по данному показателю.

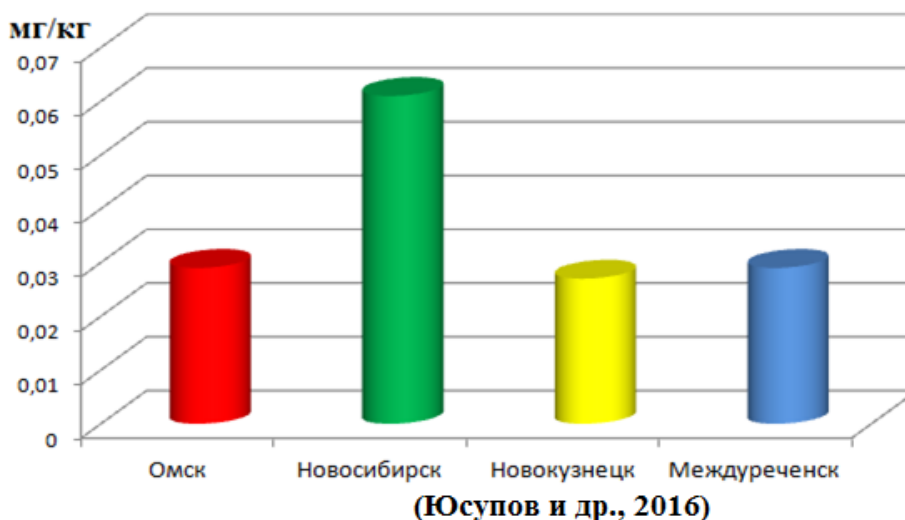


Рисунок 4.32 – Диаграмма сравнения содержания ртути в сухой массе листьев тополя г. Омска и других городов Сибири

В результате сравнения содержаний ртути в отобранных пробах, выявлено, что среднее значение характерное для территории города Омска

находится на уровне значений города Новокузнецка и Междуреченска. При этом исследуемый показатель в Новосибирске в 2 раза выше.

Таким образом, распределение ртути в листьях тополя на исследуемой территории неравномерное и обусловлено деятельностью промышленных предприятий.

4.3 Экологическое зонирование г. Омска по данным литогеохимической и биогеохимической съемки

Одним из главных итогов эколого-геохимического анализа городских ландшафтов является комплексная оценка опасности существующего уровня загрязнения территории.

Для комплексной оценки эколого-геохимического состояния территории города Омска по данным исследований проб почв и листьев тополя перечень анализируемых интегральных показателей (Z_c , Z_v) был расширен, обобщены данные о распределении моноэлементных коэффициентов (K_k), что позволило провести сравнение геохимической специализации отдельных компонентов [18].

Для почв и листьев тополя г. Омска характерны различия геохимической специализации, что обусловлено миграцией элементов, наличием или отсутствием геохимических барьеров, характером техногенного воздействия, источниками загрязнения, длительностью экспонирования компонентов среды. При выделении геохимической специализации почв и листьев тополя как для города в целом, так и для районов города учитывались $K_k > 2$ (таблица 4.26). В геохимических рядах учтены геохимические особенности районов расположения промышленных предприятий [18].

Таблица 4.26– Техногенная геохимическая специализация почв и листьев тополя г. Омска (по величине K_k) (по данным ИНАА и ИСП-АЭС)

Компонент	Объект	K_k
Городские почвы	г. Омск	$Pb_{10,3}-Mg_3-Zn_{2,7}-Sr_{2,7}-Na_{2,4}-Ba_{2,2}-Ni_{2,1}$

Продолжение таблицы 4.26

	Районы города	Советский	Pb _{7,0} -Ni _{4,5} -Mg _{4,0} -As _{3,2} -Zn _{3,1} -Sr _{2,4} -K _{2,3} -Na _{2,2} - Ba _{2,2} -Ca _{2,1}
		Центральный	Pb _{5,6} -Na _{2,7} -Sr _{2,6} -Mg _{2,6} -Ca _{2,1} -Zn _{2,1}
		Октябрьский	Pb _{21,7} -Zn _{8,6} -As ₅ -Sr _{3,7} -Mg _{3,5} -Ca _{2,9} -Ba _{2,8} -Na _{2,4}
		Ленинский	Pb _{6,5} -Mg _{2,8} -Na _{2,4} -Zn _{2,3} -Sr _{2,1}
		Кировский	Zn ₂
Листья тополя	г. Омск		Sb _{11,2} -Cs _{8,8} -Sm _{6,2} -Cr _{5,1} -Sc _{4,1} -La _{3,3} -Ce _{3,1} -Th _{3,0} - Yb _{2,6} -Co _{2,6} -Fe _{2,6}
	Районы города	Советский	Sb _{8,5} -Cs _{7,1} -Cr _{5,7} -Sm _{4,2} -La _{3,6} -Ce _{2,7} -Sc _{2,5} -Fe _{2,1} -Yb ₂
		Центральный	Sb _{24,4} -Sm _{5,9} -Cs _{5,7} -Cr _{4,8} -Ce ₃ -La ₃ -Sc _{2,9} -Fe _{2,6} - Yb _{2,5} -Th _{2,5} -Rb _{2,1} -As ₂
		Октябрьский	Cs _{12,1} -Sm _{11,1} -Cr _{7,7} -Sb _{7,3} -Ce _{5,6} -La _{4,8} -Yb _{4,5} -Sc _{4,5} - Th _{3,6} -Fe _{3,4} -Lu _{2,2} -Eu _{2,1}
		Ленинский	Sb _{9,7} -Cs ₇ -Sm _{5,2} -Cr _{4,8} -Yb ₃ -Fe _{2,9} -Sc _{2,6} -La _{2,6} -Zn _{2,3}
		Кировский	Cs _{18,1} -Sb _{14,6} -Sm _{10,1} -Cr _{6,3} -Ce _{5,4} -La _{4,9} -Sc _{4,9} -Yb _{4,7} - Fe ₄ -Rb _{3,9} -Th _{3,8} -Br _{2,9} -Lu _{2,7} -As _{2,5}

Сравнительный анализ геохимической специализации почв и листьев тополя г. Омска позволил выделить элементы, накопление которых происходит в исследуемых компонентах природной среды. Таковым элементом является Zn.

В целом, почвам города свойственна аккумуляция тяжелых металлов, в то время как в листьях тополя накапливаются редкие и редкоземельные элементы.

Одной из главных причин различной геохимической специфики исследуемых сред является время депонирования загрязняющих веществ, поскольку листья тополя характеризуют поступление элементов в природную среду преимущественно в летний период, в то время как почва является долговременной депонирующей средой и несет в себе информацию о многолетнем техногенном воздействии.

При сравнении элементов, определенных в составе почв и листьев тополя методом ИНАА, выявлен спектр элементов, накопление которых свойственно и почвам, и листьям тополя. Таковыми являются Sb, Cs, Sm, Zn, Cr, Hg, Eu, Ba, Ce, La.

С целью наглядного представления результатов сравнительного анализа и выявления интенсивности накопления более широкого перечня общих элементов (в том числе редких, редкоземельных и радиоактивных) в почвах и листьях тополя создан эколого-геохимический портрет территории, представляющий собой диаграмму распределения суммы K_k для каждого элемента в исследуемых компонентах. При составлении паспорта использовались все элементы, превышающие фоновые содержания, то есть с $K_k > 1$.

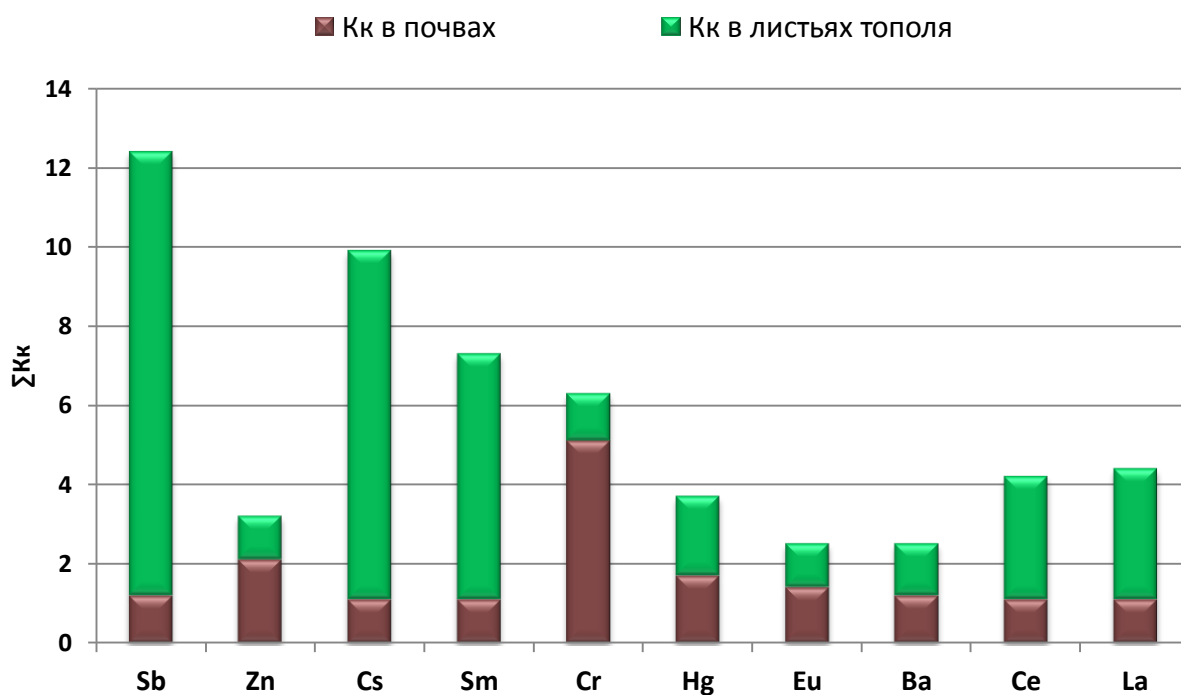


Рисунок 4.33 – Эколого-геохимический портрет городского ландшафта г. Омска по данным исследований почв и листьев тополя

Накопление данных элементов интенсивнее происходит в листьях тополя, за исключением Cr и Zn, которые интенсивнее накапливаются в

почвах, а также Hg и Ba, накопление которых происходит приблизительно на одном уровне.

Стоит обратить внимание на административные районы города, поскольку в их пределах сосредоточены разнопрофильные промышленные предприятия. Можно выделить геохимическую специфику их почв и листьев тополя. Так, для Советского района установлено накопление в обеих природных средах Sb, Cr, La, Sm, Ce, Br, Hg; для Центрального района - Cr, Hg и Sm; для Октябрьского - Au, Sb, Hg, Eu и Ba; для Ленинского - Eu, Hg, Sm, Ce, La, Ba, Cr, Sb, Hf; для Кировского - Sr, U, Ba, Eu, Br, Cs, Sb, Hg (рисунок 4.34).

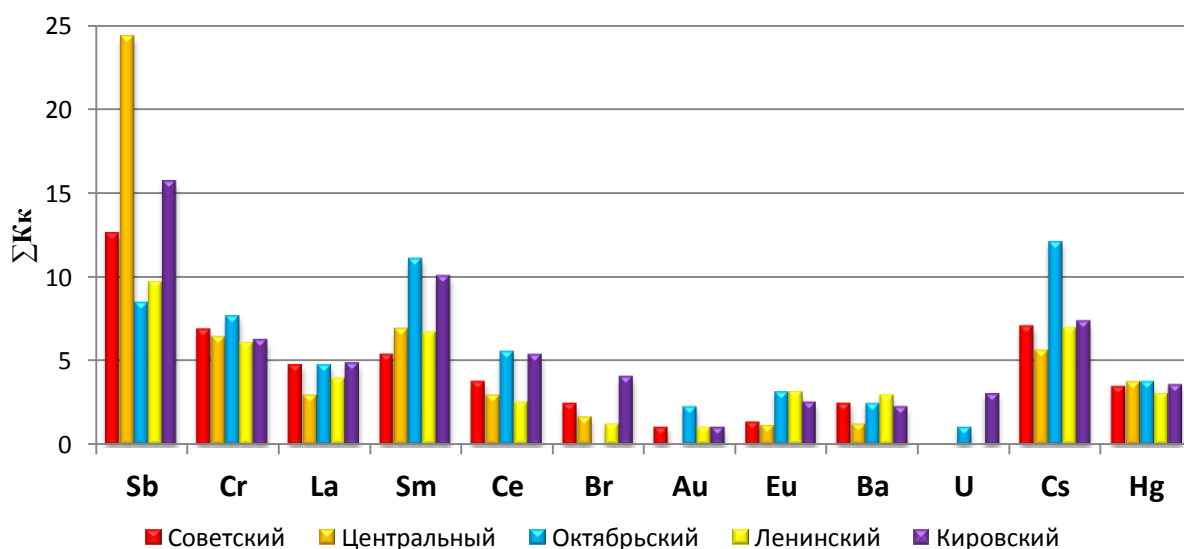


Рисунок 4.34 – Сравнительная диаграмма районов города по значениям суммарных Кк элементов почв и листьев тополя

Таким образом, для городских ландшафтов г. Омска приоритетными элементами, накапливающимися как в почвах, так и в листьях тополя являются Sb, Zn, Cs, Sm, Cr, Hg, Eu, Ba, Ce, La. Кроме того, при проведении эколого-геохимического мониторинга территории повышенное внимание целесообразно уделять таким элементам, как Pb, As, Sr, Mg, Na, Ca, поскольку уровень их накопления в городских почвах изученной территории относительно высокий.

Для оценки эколого-геохимического состояния города Омска и его административных районов проведен интегральный анализ с использованием суммарных показателей. Для почв в качестве интегрального показателя использован суммарный показатель загрязнения, для листьев тополя - аддитивный геохимический индекс и коэффициент биогеохимической трансформации (таблица 4.27) [18].

Таблица 4.27 – Суммарные показатели загрязнения почв (Z_c), биогеохимической трансформации (Z_v), аддитивный геохимический индекс (Agi) для административных районов г. Омска

Компонент-показатель	Административные районы города					г. Омск
	С	Ц	О	Л	К	
Городские почвы - Z_c	25,5	17,1	69,2	19	14,2	29
Листья тополя - Z_v	31,9	51,5	57,8	34,2	78	44,7
Листья тополя - Agi	3,8	4,6	5,4	3,5	5,5	4,1

Примечание: С-Советский, Ц-Центральный, О-Октябрьский, Л-Ленинский, К-Кировский. Зелёным выделены значения суммарных показателей, соответствующих низкому уровню, желтым - среднему, оранжевый - высокому, красным - очень высокому, фиолетовым - чрезвычайно высокому или максимальному уровню.

По мере уменьшения интенсивности техногенного воздействия значения интегральных показателей снижаются. Из-за техногенного воздействия, обусловленного плотным сосредоточением промышленных предприятий во всех районах города, интегральные показатели соответствуют средней, высокой, очень высокой и чрезвычайно высокой градациям экологической опасности.

Во всех районах города установлен средний уровень экологической опасности для почв, за исключением Кировского (низкий), а для Октябрьского района установлен высокий уровень экологической опасности.

Для листьев тополя, отобранных в Октябрьском и Кировском районе, установлен максимальный уровень экологической опасности, для Центрального - очень высокий, для Советского и Ленинского - высокий.

Такие различия могут быть обусловлены тем, что почвы отражают многолетнее загрязнение городской территории, и изменение их элементного

состава происходит значительно медленнее, нежели в листьях, которые, в свою очередь, улавливают и осаждают большинство загрязняющих веществ из атмосферного воздуха и относительно быстро реагируют на изменение техногенной нагрузки, трансформируя при этом элементный состав.

По совокупности трёх интегральных показателей для Советского и Ленинского района установлен высокий уровень экологической опасности, для Центрального, Октябрьского и Кировского - очень высокий уровень экологической опасности, для города в среднем - высокий (рисунок 4.35).

Таким образом, по величине интегральных показателей и соответствующих им уровней экологической опасности, исследуемые природные среды г. Омска образуют соотношение: листья тополя > почвы.

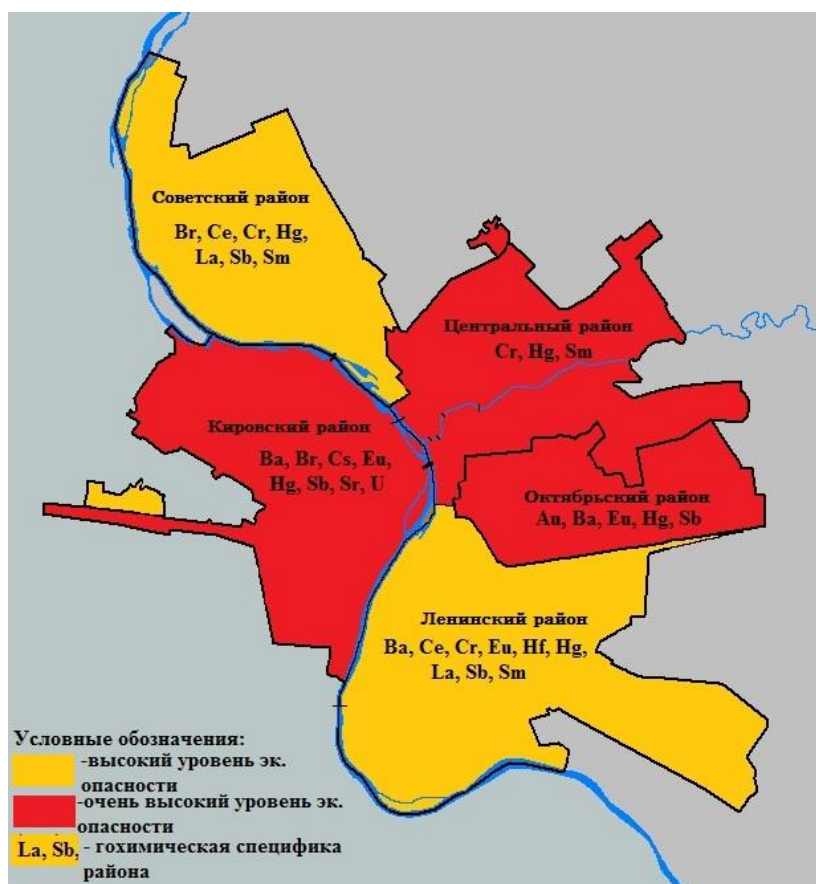


Рисунок 4.35 – Уровень экологической опасности и геохимическая специфика административных районов г. Омска

Для выявления соотношения геохимических аномалий в почвах и листьях тополя г. Омска использована система интегральных показателей –

Z_c и Z_v , что позволило учесть загрязнение почв и отклик живых организмов (биогеохимическая трансформация). В качестве пороговых использовались следующие величины суммарных показателей: $Z_c > 32$, $Z_v > 25$, то есть средняя и выше степени загрязнения по суммарному показателю загрязнения почв и выше среднего уровня по показателю биогеохимической трансформации для листьев тополя [18].

На территории г. Омска выявлены трангрессивные техногенные геохимические аномалии. Они проявляются в исследуемых компонентах и занимают участки с наиболее интенсивным техногенным воздействием, выраженным в повышенных уровнях загрязнения почв и трансформации химического состава растений [18]. Пространственное расположение аномалий представлено на рисунке 4.36.

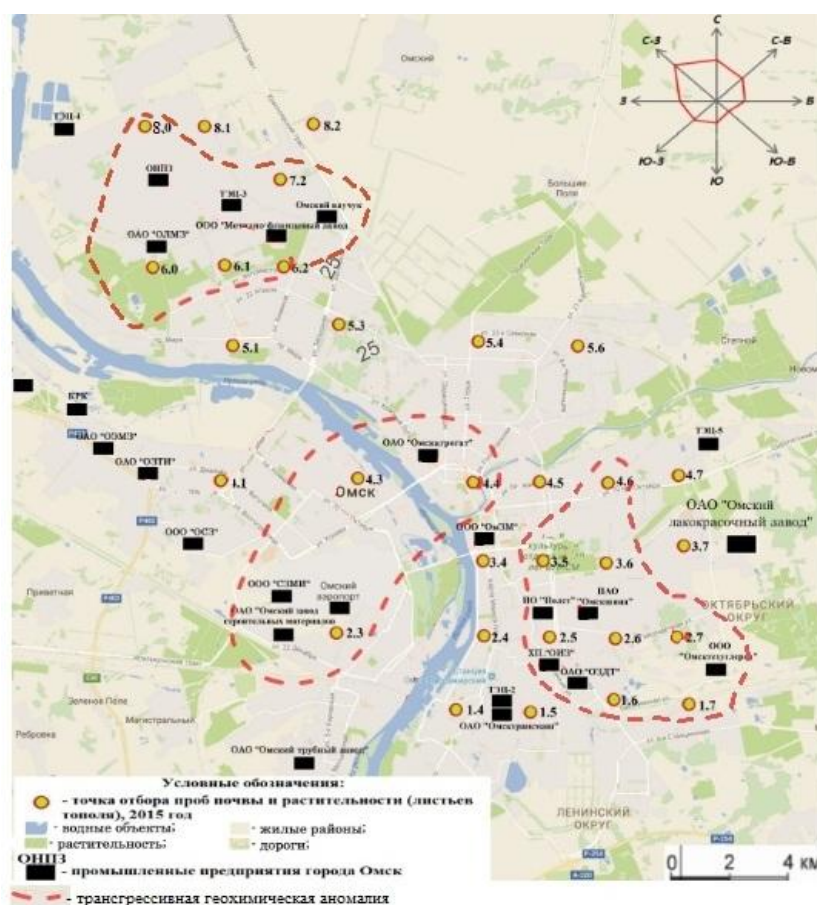


Рисунок 4.36 – Трангрессивные геохимические аномалии в почвах и листьях тополя г. Омска

Всего на территории города выделяется три геохимические аномалии, первая из которых располагается в районе промышленной зоны ОНПЗ, вторая аномалия охватывает в основном Октябрьский промышленный узел и частично переходит в Центральный район. Третья аномалия зафиксирована в Кировском округе и охватывает такие предприятия, как Омский завод технических изделий, Омский агрегатный завод, Омский комбинат строительных материалов, аэропорт, автовокзал и др.

Данные участки трансгрессивных аномалий можно считать наименее благополучными с экологической точки зрения, им необходимо уделять особое внимание при дальнейших эколого-геохимических исследованиях территории.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Технико-экономическое обоснование работ

Город Омск характеризуется высоким уровнем антропогенной нагрузки в связи с наличием крупных промышленных предприятий в черте города, которые в ходе осуществления своей деятельности оказывают негативное влияние на компоненты природной среды и здоровье населения города. В связи с этим необходимо проведение комплекса работ, направленных на оценку эколого-геохимического состояния территории города Омска с помощью изучения почв и листьев тополя.

Место проведения работ: площадное опробование территории города Омска, с применением детализированной съемки в районах расположения промышленных предприятий;

Время проведения работ: июнь-ноябрь 2016 года;

Объект исследований: пробы почв, отобранные из поверхностного слоя (0-10 см), листья тополя;

Метод и вид исследований: геохимические исследования (литогеохимический и биогеохимический методы);

Объем работ: 81 проба почв (33 пробы отобраны по площадной сети на территории города, 45 проб - в районах расположения промышленных предприятий, 1 - фоновая проба, отобранная в поселке Любинский, 2 пробы - контрольные); 35 проб листьев тополя (33 из которых отобраны по площадной сети на территории города Омска, 1 проба - фоновая, отобранная в поселке Любинский, 1 проба - контрольная).

Пробоподготовка листьев тополя и почв к проведению инструментального нейтронно-активационного анализа и атомно-абсорбционного анализа, а также проведение атомно-абсорбционного анализа осуществляется собственными силами. Инструментальный нейтронно-активационный анализ проводится подрядной организацией на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т НИ ТПУ.

Виды намечаемых работ:

- 1) эколого - геохимические работы литогеохимическим и биогеохимическим методами по почвам и листьям тополя на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территорий хозяйственного освоения;
- 2) проведение маршрутов при эколого – геохимических работах литогеохимическим методом по почвам и биогеохимическим методом по листьям тополя при геолого-экологических исследованиях территорий хозяйственного освоения;
- 3) лабораторные работы по первичной обработке проб (просушивание, просеивание, истирание почв, озоление листьев тополя);
- 4) лабораторные работы по подготовке проб для проведения инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА);
- 5) лабораторные работы по подготовке проб для атомно-абсорбционного анализа методом «пиролиза» и измерение содержания ртути в исследуемых пробах;
- 6) выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов эколого – геохимических работ (без использования ЭВМ) (масштаб 1:200000- 1:100000);
- 7) выполнение комплекса операций камеральной обработки материалов эколого - геохимических работ, необходимость выполнения которого зависит от геохимического метода (без использования ЭВМ) (Масштаб 1:200000- 1:100000);
- 8) камеральная обработка материалов эколого – геохимических работ (с использованием ЭВМ) (Масштаб 1:200000- 1:100000);

Типовой состав отряда: геоэколог, рабочий 1 разряда.

Карта-схема мест отбора проб почв и листьев тополя представлена на рисунке 5.1.

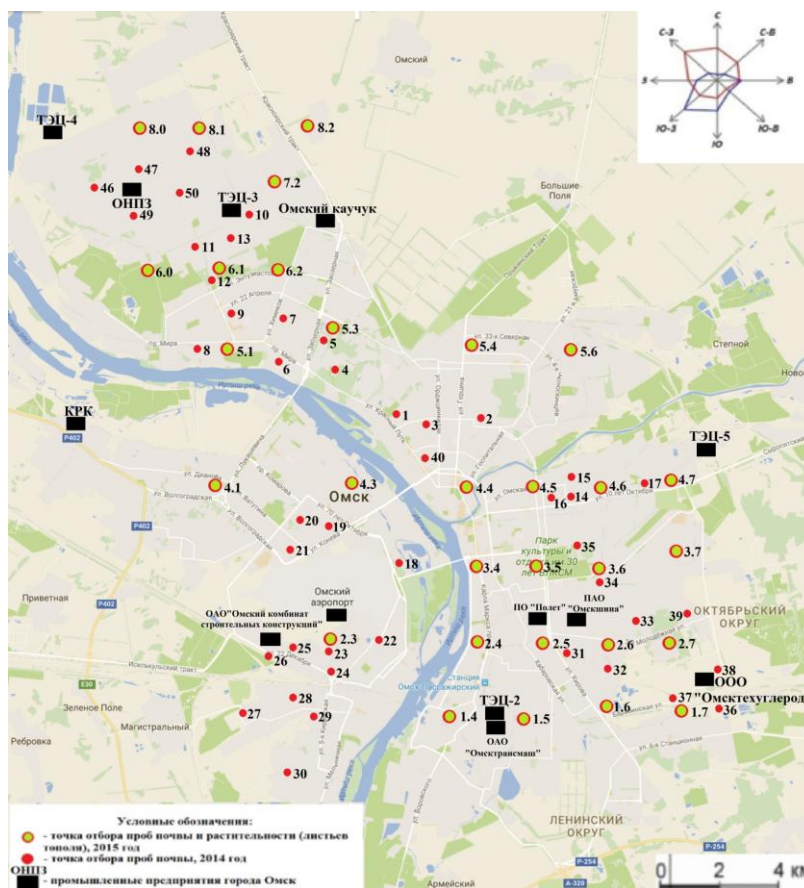


Рисунок 5.1 – Карта-схема мест отбора проб почв и листьев тополя на территории города Омска

Масштаб проведение эколого-геохимических исследований, а соответственно, и количество проб определено в соответствии с требованиями к геолого-экологическим исследованиям и картографированию [91-93]. При этом учитывались преобладающее направление ветра и особенности городской застройки.

5.2 Расчет нормативной продолжительности выполнения работ

Одним из важнейших принципов выполнения исследовательских работ является минимум затрат, который соответствует максимальной эффективности исследований и обеспечивает работу достаточным количеством информации для решения поставленных задач.

Таким образом, для определения материальных затрат, связанных с выполнением разработанного технического задания, необходимо определить время на выполнение отдельных видов работ, спланировать их

последовательное проведение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ.

Для этого необходимо проведение литогеохимических, биогеохимических, лабораторных, камеральных работ, более подробная информация о которых представлена в таблице 5.1.

На основе технического плана рассчитываются затраты и время труда.

Таблица 5.1–Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Литогеохимические работы	проба	81	Отбор проб почв, категория проходимости – 1	-
2	Биогеохимические работы	проба	35	Отбор проб листьев тополя, категория проходимости - 1	-
2	Лабораторные работы	проба	116	Пробоподготовка материала	-
		проба	116	Определение 28 химических элементов	Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т НИ ТПУ
		проба	116	Определение 1 химического элемента	Ртутный анализатор РА-915+
3	Камеральные работы	-	-	Обработка данных, анализ полученной информации	ПЭВМ

1) Литогеохимические работы

Содержание работ, выполняемых литогеохимическим методом, представляет собой выбор мест отбора проб почв, привязку пунктов наблюдения, непосредственно отбор проб пробоотборной лопаткой, занесение первоначальных сведений в полевой журнал, маркировку пакетов для проб, этикетирование и их упаковку. Закрепление точек отбора проб почв производится на карте.

Пробы отбирались из поверхностного слоя на глубине 0-10 см, предварительно очищенного от дернового горизонта. Всего отобрано 81 проб почв, 45 из которых вблизи промышленных предприятий, 33 - по площадной

сети на территории города, 1 – на фоновой территории, 2 – с учетом внутреннего и внешнего контроля.

2) Биогеохимические работы

Содержание работ, выполняемых биогеохимическим методом, представляет собой выбор мест отбора проб листьев тополя, привязку пунктов наблюдения, непосредственно отбор проб вручную, занесение первоначальных сведений в полевой журнал.

Пробы листьев отбирались на расстоянии вытянутой руки методом средней пробы из нижней внешней части кроны по окружности на высоте 1,5–2 м от поверхности земли с приблизительно одновозрастных деревьев одного вида в специальные пронумерованные бумажные конверты.

3) Лабораторные работы

На данном этапе работ отобранные пробы подготавливались к дальнейшему изучению путем просушивания почв при комнатной температуре, просеивания и истирания, и просушивания, измельчения и озоления листьев тополя.

Далее пробы подготавливались для инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), который выполняется на базе научно-исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИ ТПУ. Подготовка проб для ИНАА заключалась в истирании проб почв на микровиброистератели МВИ-1 и упаковке 100 мг пудры в конверт, выполненный из фольги. Озоленные пробы листьев тополя аналогично по 100 мг упаковывались в конверты из фольги.

Определение ртути в пробах почв и листьев тополя проводилось на кафедре геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета МИНОЦ «Урановая геология» ртутным газоанализатором РА-915+. В качестве материала использовалась почва, предварительно истертая на МВИ до размера 0,074 мм и измельченные вручную пробы листьев тополя.

4) Камеральные работы

Камеральная обработка материалов включала сбор и систематизацию информации об изучаемой территории, изучение результатов анализов проб и их систематизация, расчет геохимических показателей, оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.

Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда использованы нормы, изложенные в ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы» [77]. Они представляют собой два параметра:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, \quad (5.1)$$

где: N-затраты времени, (бригада.смена на м.(ф.н.));

Q-объем работ, (м.(ф.н.));

H_{BP}- норма времени из справочника сметных норм (бригада/смена);

K- коэффициент за ненормализованные условия;

Все работы выполнялись одним геоэкологом и одним рабочим 1 категории под руководством геоэколога.

Используя технический план, определялись затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах [77, 78] (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времени по ССН (НВР)	Коэф-ты (К)	Документ	Итог времени на объем (N)
		Ед. изм.	Кол-во (Q)				
1.1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом по почвам и поверхностным грунтам на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях	проба	81	0,0488	1	ССН, вып.2,табл. 27, стр.1, ст.4	3,95

Продолжение таблицы 5.2

1.2	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территорий хозяйственного освоения	проба	35	5,41 на 100 проб	1	ССН вып.2,табл. 41, стр.2,ст. 1	1,9
1.3	Проведение маршрутов при эколого – геохимических работах литогеохимическим методом при геолого-экологических исследованиях территорий хозяйственного освоения	км	112	2,17 на 10 км	1	ССН, вып.2,табл. 31, стр.41,ст.4	24,3
1.4	Проведение маршрутов при эколого- геохимических работах биогеохимическим методом при геолого-экологических исследованиях территорий хозяйственного освоения	км	112	1,93 на 10 км	1	ССН, вып.2,табл. 45, стр. 15, ст.3	21,6
2.1	Лабораторные работы по первичной обработке проб почв , выполняемые инженером и рабочим	проба	81	0,06	1	ССН, вып.7, табл. 1.5, стр.7, ст. 4	6,96
2.2	Лабораторные работы по первичной обработке проб листьев тополя, озоление	проба	35	0,28	1	ССН, вып. 7, табл. 2,1, стр. 394., ст.4	9,8
2.3	Лабораторные работы по подготовке проб почв для ИНАА, выполняемые рабочим и инженером	проба	81	0,14	1	ССН, вып.7, табл.5.3, стр.3,13, ст.3	16,24
2.4	Определение ртути в пробах беспламенным атомно-абсорбционным методом	проба	116	0,26	1	ССН, вып.7, табл.1.3, стр. 256, ст.3	30,16
3.1	Выполнение ст. комплекса операций камеральной обработки материалов эколого – геохимических работ (без использования ЭВМ) (Масштаб 1:200000- 1:100000)	проба	116	13,6	1	ССН, вып. 2, табл. 59, стр. 3, ст. 3	1,6

Продолжение таблицы 5.2

3.2	Выполнение комплекса операций камеральной обработки материалов эколого-геохимических работ, необходимость выполнения которого зависит от геохимического метода (без использования ЭВМ) (Масштаб 1:200000- 1:100000)	проба	116	10,48	1	ССН, вып. 2, табл. 60, ст. 7	1,2
3.3	Камеральная обработка материалов эколого - геохимических работ (с использованием ЭВМ) (Масштаб 1:200000- 1:100000)	проба	116	33,7	1	ССН, вып. 2, табл. 61, стр. 3, ст. 3	3,9
Итого:							121,6 смен

Рабочий месяц составляет 22 смены, расчет затрат времени на каждого работника представлен в таблице 5.3. Период проведения работ составляет 6 месяцев (июнь – ноябрь 2016 года).

Геоэколог и рабочий 1 категории совместно занимались полевыми и лабораторными работами по подготовке проб, а определением ртути в пробах, а также систематизацией и обработкой полученных результатов задействован только геоэколог.

Таблица 5.3 – Расчет затрат труда

№	Вид работ	Т	Геоэколог	Рабочий 1 разряда
			чел/смен	чел/смен
1.1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом по почвам и поверхностным грунтам на отдельных площадках	7,9	3,95	3,95
1.2	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом на отдельных площадках	3,8	1,9	1,9
1.3	Проведение маршрутов при эколого – геохимических работах литогеохимическим методом	48,6	24,3	24,3
1.4	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом	43,2	21,6	21,6
2.1	Лабораторные работы по первичной обработке проб почв	13,92	6,96	6,96

Продолжение таблицы 5.3

2.2	Лабораторные работы по первичной обработке проб листьев тополя, озонирование	19,6	9,8	9,8
2.3	Лабораторные работы по подготовке проб почв для ИНАА	32,48	16,24	16,24
2.4	Определение ртути в пробах беспламенным атомно-абсорбционным методом	30,16	30,16	-
3	Камеральные работы	6,7	6,7	-
Итого:		206,35	121,6	84,75

Выполнение работ запланировано в соответствии с разработанным линейным календарным графиком выполнения работ.

Таблица 5.4 – Линейный календарный график проведения работ

Наименование работ	смены	Месяцы						
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	
Полевые работы	52							
Лабораторные работы	63							
Камеральные работы	7							

5.3 Нормативная база для расчета сметы на выполняемые работы

Масштаб проведения эколого-геохимических исследований, а соответственно, и количество проб определено в соответствии с требованиями к геолого-экологическим исследованиям и картографированию различного масштаба [91-93]. Для расчета затрат времени и труда использованы нормы, изложенные в ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы» [77].

Расчет страховых взносов и налога на добавленную стоимость произведен в соответствии с главами 34 и 21 соответственно Налогового кодекса Российской Федерации.

В качестве окладов использованы оклады, актуальные для сотрудников НИ ТПУ в настоящее время, на основе которых рассчитывалась дневная ставка платы.

5.4 Расчет сметной стоимости работ

Нормы расхода материалов для литогеохимических, биогеохимических и камеральных работ также определялись согласно ССН, выпуск 2 таблица 49 (таблица 4), а для лабораторных работ в соответствии с инструкциями и методическими рекомендациями (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Литогеохимические и биогеохимические работы				
Журнал регистрационный	шт.	128,00	2	256,00
Карандаш простой	шт.	6,00	4	24,00
Резинка ученическая	шт.	6,00	2	12,00
Пакеты полиэтиленовые фасовочные	шт.	2,00	170	340,00
Пакеты бумажные	шт.	4,00	40	160,00
Книжка этикетная	Пачка (300шт.)	22,00	1	22,00
Перчатки латексные нестерильные	шт.	20,00	2	40,00
Лопатка пробоотборная	шт.	58,00	2	116,00
Итого:				970,00
Лабораторные работы				
Полиэтиленовые пакеты маленькие с застежкой	шт.	2,00	200	400,00
Фольга в рулоне, 1 м	шт.	183,00	1	183,00
Спирт технический	л	119,45	1	119,45
Перчатки латексные стерильные	шт.	18,00	2	36,00
Итого:				738,45
Камеральные работы				
Бумага офисная	пачка (100 л)	165,00	2	330,00
Карандаш простой	шт.	6,00	2	12,00
Резинка ученическая	шт.	6,00	1	6,00
Линейка чертежная	шт.	25,00	1	25,00
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	8,00	2	16,00
Стержень для ручки шариковой	шт.	3,00	2	6,00
Итого:				395,00
Итого:				2103,45

Расчет затрат на выполнение лабораторных работ, направленных на изучение химического состава исследуемых объектов, представлен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет затрат на лабораторные работы

№	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб.	Итого
1	Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	116	3000,00	348000,00
Итого				348000,00

В таблице 5.7 представлен расчет затрат на проезд к пунктам отбора проб почв в городе Омске с учетом проезда до фоновой территории – поселка Любинский.

Таблица 5.7 – Расчет затрат на проезд

№	Транспортное средство	Количество поездок	Количество человек	Стоимость (руб.)	Итого
1	Маршрутный автобус (по г. Омску)	30	2	18,00	1080,00
2	Электричка (Омск-Любинский)	1	2	170,00	340,00
3	Электричка (Любинский-Омск)	1	2	170,00	340,00
Итого					1760,00

Общий расчет сметной стоимости работ

Общий расчет сметной стоимости проекта оформляем по типовой форме, его базой служат расходы, связанные с выполнением работ, запланированных по проекту.

На эту базу начисляем проценты, которые обеспечивают организацию и управление работ по проекту, то есть расходы, за счет которых осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расходы на организацию полевых работ составляют 1,5 % от суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ – 0,8% суммы полевых работ. Расходы на транспортировку грузов и персонала – 5% полевых работ. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %. Расчет стоимости на проектно-сметные работы выполняется на основании данных организации, составляющей проектно-сметную документацию. Оклад берем условно.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$\text{ЗП} = \text{Окл} * \text{Т} * \text{К}, \quad (5.2)$$

где ЗП – заработная плата (условно), Окл – оклад по тарифу (р), Т – отработано дней (дни, часы), К – коэффициент районный (для Омска 1,15 на 2016 г).

$$\text{ДЗП} = \text{ЗП} * 7,9\%, \quad (5.3)$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП} + \text{ДЗП}, \quad (5.4)$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, \quad (5.5)$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, \quad (5.6)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

Сметно-финансовый расчет заработной платы представлен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчёт затрат труда

№	Должность	Количество	Затраты труда, чел/смен	Дневная ставка, руб	Итого, руб.
1	Геоэколог	1	121,6	777,53	94 547,65
2	Рабочий 1 категории	1	84,75	285,39	24 186,80
3	Итого:				118 734,45

Продолжение таблицы 5.8

4	Итого с районным коэффициентом (1,15):	136 544,62
5	ДЗП (7.9%)	10 787,02
6	Итого: ФЗП	147 331,64
7	Страховые взносы (30% от ФЗП)	44 199,50
8	ФОТ	191 531,14
Итого:		191 531,14

Основные расходы на запланированные работы, помимо фонда оплаты труда, включают в себя затраты на материалы и амортизацию в соответствии с формулой:

$$ОР = ФОТ + М + А, \quad (5.7)$$

где ОР – основные расходы, ФОТ - фонд оплаты труда, М - затраты на материалы, А - амортизационные отчисления.

В данных исследованиях основными средствами являются ртутный газоанализатор РА-915+ с приставкой Пиро-915+, микровиброистиратель МВИ-1, лабораторная муфельная печь для озоления. Используемые приборы относятся к 3 амортизационной группе (имущество со сроком полезного использования свыше 3 лет до 5 лет включительно) в соответствии с Классификатором основных средств, принятым Постановлением Правительства РФ №1 от 01.01.2002 (в редакции 07.07.2016).

Стоимость микровиброистирателя МВИ-1 составляет 126 260 рублей, лабораторной муфельной печи - 59 259,60 рублей, ртутного газоанализатора РА-915+ с приставкой Пиро-915+ - 944 000 рублей.

Суммарная стоимость оборудования составляет 1 129 519,6 рублей.

Поскольку приборы относятся к 3 амортизационной группе, годовая норма амортизации составляет 20%.

Ежегодная сумма амортизации представляет собой произведение первоначальной стоимости оборудования на годовую норму амортизации, и в рассматриваемом случае составляет 225 903,92 рублей.

Исходя из ежегодной суммы амортизации, рассчитываем ежемесячную норму амортизации, значение которой составляет 18 825,33 рублей.

Амортизационные отчисления за весь период проведения работ (6 месяцев) составят 112 951,98 рублей.

Итак, основные расходы составят ФОТ со страховыми взносами, затраты на амортизацию и на материалы.

Таблица 5.9 – Расчет основных расходов на выполнение работ

№ п/п	Составляющие основных расходов	Итого, руб
1	Фонд оплаты труда со страховыми взносами	191 531,14
2	Материалы	2 103,45
3	Амортизационные отчисления	112 951,98
	Итого:	306 586,60

Общий расчет сметной стоимости всех работ представлен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		ед. изм	Кол- во	
I Основные расходы на геоэкологические работы (ОР)				
1	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	306 586,60
2	Полевые работы (ПР)			306 586,60
3	Организация полевых работ	% от ПР	1,5	4 598,80
4	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8	2 452,69
5	Камеральные работы	% от ПР	100	306 586,60
6	Транспортные расходы			1760,00
Итого основные расходы				928 571,30
II Накладные расходы (НР)		% от ОР	15	139 285,70
Итого НР+ОР				1 067 857,00
III Плановые накопления		% от ОР+НР	20	213 571,40
VI Подрядные работы				
Лабораторные работы		руб.		348000,00
V Резерв		% от ОР	3	27 857,14
Всего по объекту				1 657 285,54
НДС		%	18	298 311,40
Итог с учетом НДС				1 955 596,94

Таким образом, в данной главе составлено экономическое обоснование проведенных работ, включающее в себя помимо расчета основных расходов, представленных затратами времени и труда, материалами и амортизацией, затраты на проектно-сметные работы, лабораторные работы и камеральную обработку материалов.

Общая стоимость проведения исследований по оценке эколого-геохимического состояния территории города Омска при изучении проб почв и листьев тополя составляет 1 955 596,94 рублей.

6 Социальная ответственность

6.1 Профессиональная социальная безопасность

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [24] установлены основные опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при выполнении работ в лабораторном помещении.

Непосредственно объекты исследования (почвы и листья тополя) не способствуют возникновению вредных и опасных факторов.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проведения лабораторных исследований представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении лабораторных работ по оценке эколого-геохимического состояния территории г. Омска

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)[24]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Лабораторные работы: 1) просушивание, измельчение, просеивание почв; 2) истирание почв на микровиброистирателе МВИ-1; 3) просушивание, измельчение листьев тополя; 4) сжигание листьев тополя в кюветах на печи; 5) озоление в муфельной печи; 6) работа с электронными весами, формирование навесок почв и листьев тополя для анализа ИНАА.	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2. Превышение уровней шума; 3. Превышение уровней вибрации; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны;	1. Электрический ток; 2. Пожароопасность.	Параметры микроклимата помещений устанавливаются СанПиН 2.2.4.548–96 [75], СНиП 2.04.05-91 [83], шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [81], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ [25], вибрации СН 2.2.4/2.1.8.566 [82], ГОСТ 12.4.002-74 [27], параметры освещения СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [74], электробезопасности ГОСТ 12.1.038-82 [26], пожароопасности в соответствии с ФЗ №123 от 22.07.2013 г «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [97].

Действие данных факторов может выражаться в возникновении травмирования и получения общего заболевания, недомогания, снижения работоспособности.

6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

1) Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние как на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье, так и надежность работы приборов. Их отклонение может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами, и снижать общую работоспособность организма.

В помещениях на микроклимат больше всего влияют источники теплоты. К ним относится вычислительное оборудование, батареи, муфельная печь для озоления листьев тополя и электрическая печь для сжигания листьев, приборы освещения (лампы накаливания, солнечная радиация).

В таблице 6.2 отражены параметры микроклимата в теплый период года для помещений, в которых осуществлялись лабораторные работы.

Таблица 6.2 – Параметры микроклимата для лабораторных помещений [75]

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

Для поддержания вышеуказанных параметров воздуха в помещениях необходимо применять системы отопления и кондиционирования или эффективную приточно-вытяжную вентиляцию [83].

2) Превышение уровней шума

Шумовое воздействие на организм человека способствует возникновению головных болей, головокружению, утомляемости, нарушению сна, эмоциональной неустойчивости. Влияние шума способствует возникновению прогрессирующего снижения слуха и развитию «тугоухости».

Источником шума при проведении лабораторных работ является микровиброистиратель МВИ-1, работа которого сопровождается возникновением значимого шумового воздействия в помещении.

В соответствии с нормативными показателями СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [81] для лабораторных помещений устанавливается предельный уровень шума 60 дБА.

3) Превышение уровней вибрации

Вибрация может действовать как локально (например, на рабочие руки), так и на весь организм. Но в любом случае она способна к распространению, отражаясь на нервной и опорно-двигательной системе. Гасится вибрация благодаря эластическим свойствам мышц, связок, хрящей.

Кроме того, от длительной вибрации страдает сердечно-сосудистая система. При общей вибрации часто поражается орган равновесия (вестибулярный аппарат), что сопровождается головокружением, шаткой, неустойчивой походкой

Источником вибрационного воздействия при проведении лабораторных работ является микровиброистиратель МВИ-1, поскольку механизм его работы заключается в совершении платформой виброистирателя колебаний в горизонтальной плоскости.

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566 [82] предельно-допустимым значением локальной вибрации в лабораторном помещении является 109 дБ.

4) Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении. Естественное освещение осуществляется через светопроемы (окна).

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного

травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения способствует развитию близорукости.

Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Требования к освещенности в помещениях, где проводятся лабораторные работы, следующие: при выполнении зрительных работ высокой и средней точности общая освещенность должна составлять 300-500 лк, а комбинированная - 750 лк [74].

5) Электрический ток

Источником электрического тока на лабораторном этапе работы является электрическое оборудование (электронные весы, муфельная печь, вентиляция, электрическая печь), которое представляет для человека большую потенциальную опасность. Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие – термическое, электролитическое, биологическое, механическое.

Электрический ток считается безопасным, если при длительном воздействии на тело человека не вызывает болезненных ощущений и не причиняет вреда организму. Номинальное значение безопасного тока не превышает 50 мкА (для переменного тока 50 Гц) и 100 мкА для постоянного тока.

Основным нормативным актом, устанавливающим требования электробезопасности, является ГОСТ 12.1.038-82 [26].

6) Пожароопасность

Возможные источники пожарной опасности: электрооборудование (муфельная и электрическая печь), неисправности в проводке, розетках и выключателях, короткое замыкание, оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение.

В результате возникновения пожара или взрыва, человек подвергается воздействию токсичных продуктов горения, огня и лучистых потоков, дыма (воздействует на слизистые оболочки), недостаток кислорода, вызывающий

ухудшение двигательной функции, ранение осколками, химические и термические ожоги, отравления.

Требования пожарной безопасности является важной составной частью безопасности, и регламентируются в соответствии с ФЗ №123 от 22.07.2013 г «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [97].

6.1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

В случае отклонения показателей микроклимата в помещении, необходимо предпринимать следующие меры защиты. В качестве средств индивидуальной защиты следует размещать лабораторные столы на максимальной удаленности от неиспользуемого оборудования и источников тепла; коллективной защиты – использовать обогреватели, кондиционеры, вентилировать помещения.

В соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ [25], в качестве средств коллективной защиты от шума в рассматриваемом случае можно применить звукоизоляционные кабины и кожухи, глушители шума.

В качестве средств индивидуальной защиты - противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему (беруши).

В качестве средств коллективной защиты от вибрации применяются вибрационные амортизаторы из резиновых прокладок и стальных пружин, на кожухи наносят слой резин, пластиков.

Для индивидуальной защиты рук от воздействия локальной вибрации, согласно ГОСТ 12.4.002-74 [27], применяют рукавицы или перчатки со специальными виброзащитными вкладышами, полностью изготовленными из виброзащитного материала.

В качестве средств индивидуальной защиты от недостаточной освещенности рабочей зоны выступает применение индивидуальных ручных

и настольных светильников, коллективной - установка ламп искусственного освещения, обеспечивающих достижение показателей нормы.

В качестве средств коллективной защиты от электрического тока применяется: защитное заземление, изолирование кабелей, расположение рабочего места должно исключать возможность прикосновения к токоведущим частям установки и трубам водопровода одновременно, исключение попадания влаги на токоведущие провода, использование автомата–выключателя общего ввода питания в помещение.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства - это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения [26].

Профилактические мероприятия для снижения вероятности возникновения пожара как средство коллективной защиты предполагают:

- выявление и устранение неполадок в сети, своевременный ремонт и замена электрооборудования, скрытие электропроводки;
- наличие в помещении углекислотного огнетушителя;

В лабораторном помещении должны быть следующие средства противопожарной защиты: план эвакуации людей при пожаре, установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчики-сигнализаторы типа ДТП).

К средствам индивидуальной защиты при пожаре относят противогаз, огнезащитные накидки, пожарные костюмы, противогазоаэрозольный респиратор [97].

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объекты данного исследования, представленные почвами и листьями тополя, отобранные на территории города Омска, не оказывают какого-либо негативного воздействия на компоненты природной среды и состояние окружающей среды в целом.

6.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования почв и листьев тополя в лабораторных помещениях на базе кафедры ГЭГХ НИ ТПУ, включающий в себя подготовку проб к проведению химического анализа, не сопровождается негативным воздействием на окружающую среду.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Данный вид научно-исследовательской деятельности не оказывает негативного воздействия на компоненты природной среды и состояние окружающей среды в целом, в связи с чем проведение мероприятий, направленных на защиту окружающей среды, не требуется.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Объекты данного исследования не способствуют инициированию каких-либо чрезвычайных ситуаций.

6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Лабораторное помещение, на базе которого проводились исследования, располагается на 5 этаже 20 корпуса НИ ТПУ. Вероятными чрезвычайными ситуациями, способными возникнуть в данном помещении, могут стать аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения (аварии на тепловых сетях, в системе водоснабжения); аварии на электроэнергетических системах (прерывание электроснабжения); внезапное обрушение здания; взрыв.

Однако, наиболее вероятной ЧС является возникновение в лабораторном помещении пожара, поскольку оно оснащено электричеством, оборудованием и непосредственно нагревательными приборами, представленными электрической и муфельной печами, в которых осуществляется процесс сжигания листы.

6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

В лаборатории могут быть различные варианты пожара, возникновение которых связано с коротким замыканием, неисправностью проводки, розеток и выключателей, оплавлением изоляции соединительных проводов, неосторожным обращением с электрическим оборудованием.

В соответствии с ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по всем пожароопасным зонам в лаборатории разрабатываются специальные оперативные планы и карточки пожаротушения [97].

Небольшие очаги пожара ликвидируются силами персонала с использованием первичных средств пожаротушения размещенных на рабочих местах. Одновременно при всех случаях возникновения пожара производится вызов, закрепленной пожарной команды, боевые расчеты которой должны прибыть к месту пожара через 5 минут после вызова.

С поступлением сигнала в пожарную часть, наращивание пожарных сил и средств для лаборатории осуществляется по графику.

При возникновении пожара на объекте необходимо [97]:

- немедленно сообщить о возникновении пожара в пожарную службу города;
- организовать оповещение персонала объекта о пожаре и вывод его из опасных мест под руководством руководителей подразделений;
- организовать оповещение и сбор руководящего состава;
- организовать разведку очага пожара;
- оценить обстановку по данным разведки и принять решение на тушение пожара;
- организовать тушение пожара силами ППС;
- для оказания помощи пострадавшим от угарного газа и ожогов развернуть пункт медицинской помощи на базе медпункта организации;

- специалисту по защите персонала организовать взаимодействие с органом управления ГОЧС и аварийно-спасательными службами района;

- начальнику службы убежищ и укрытий привести в готовность защитные сооружения ГО и организовать в них укрытие персонала университета (по обстановке) [97].

В качестве средств пожаротушения применяют воду, пены (воздушно-механические различной кратности и химические), инертные газовые разбавители (диоксид углерода, азот, дымовые газы), огнетушащие порошки.

К первичным средствам пожаротушения относятся: пожаротушащие вещества (вода, песок, земля); огнетушащие материалы (кошма, металлические мелкоячеистые сетки, асбестовые полотна); пожарное оборудование (огнетушитель).

Эвакуация персонала объекта с верхних этажей зданий производится по запасным эвакуационным выходам.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Права и обязанности исследователя при проведении работ в лабораторном помещении регламентируются законодательством Российской Федерации о труде (Трудовым кодексом Российской Федерации), Уставом НИ ТПУ, правилами техники безопасности, инструктажами, инструкциями и другими локальными актами.

Продолжительность и особенности режима рабочего времени и времени отдыха работы в лаборатории определяются ТК РФ. Для студентов, работающих в лабораторных помещениях, устанавливается ограничение максимальной продолжительности работы в лабораториях – не более 36 часов в неделю, согласно статье 92 ТК РФ в том случае, когда возраст исследователя составляет от 16 до 18 лет - не более 35 часов в неделю [95].

Исследователь обязан бережно и аккуратно относиться к помещению, оборудованию, приборам. Лица, не прошедшие в установленном порядке

обучение и инструктаж по охране труда, стажировку и проверку знаний требований охраны труда, не допускаются к выполнению работ [95].

6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

В соответствии со статьей 212 ТК РФ обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на руководителя организации.

При осуществлении деятельности для исследователя должна быть обеспечена безопасность при эксплуатации оборудования, а также применяемых инструментов, сырья и материалов.

Лаборатория должна быть оснащена прошедшими обязательную сертификацию или декларирование соответствия средствами индивидуальной и коллективной защиты. Исследователю необходимо выдать специальную одежду (халат, бахилы), и другие средства индивидуальной защиты (перчатки), смывающие и обезвреживающие средства (чистящие средства, спирт, вода) [95]. При организации рабочего места должны выполняться требования экономичности, эргономичности и гуманности.

На рабочих местах для работы и сидя, и стоя, как в рассматриваемом случае, рабочая высота ориентируется на положение стоя. Для уменьшения разницы считается, что высота сидения должна быть увеличена на 40 - 45 см, это означает, что необходима еще специальная подставка для ног, которая дает дополнительное пространство для движения ног. Чтобы обеспечить использование этой возможности смены положения, необходимо следить за тем, чтобы глаза и ладони находились на одном уровне при обоих положениях, а стул легко подвижен.

Нормальный рабочий стол должен давать работнику возможность опереть верхнюю часть тела, не наклоняясь далеко вперед [101].

Выводы

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- по результатам анализа для почв территории г. Омска выявлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Относительно содержания химических элементов в фоновых пробах, на территории города Омска происходит накопление таких элементов, как Zn, Eu, Cr, Ba, Sb, Sm, Td, Ce, La. Минимальное превышение фонового содержания составляет 1,1 раза для La, максимальное - 2,1 раза для Zn;

- рассчитанный суммарный показатель загрязнения почв редкими, редкоземельными и другими элементами в среднем для территории города Омска составляет 4,7 единиц, что свидетельствует о низкой степени загрязнения;

- по результатам корреляционного анализа в почвах города выделены следующие ассоциации со значимыми коэффициентами: Sm-Ce-Eu-Nd-La-Th, Lu-Sc-Fe-Yb, Cs-Rb, менее значимые связи в ассоциациях Tb-Ba, As-Ca, Cr-Zn. Данные ассоциации являются характерными элементами для нефтеперерабатывающих, металлургических и металлообрабатывающих предприятий, топливно-энергетического комплекса;

- специфика почвенного покрова районов города заключается в повышенных относительно средних значений по городу содержаниях ряда элементов: Советский район – Na, Ca, Fe, Br, Ba, Co, Cr, Sb, As, Rb, Cs, Hf, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Nd, Th, U. Центральный - Cr, Zn, Sr. Октябрьский - Zn, Sr. Ленинский - Na, Fe, Br, Ba, Co, Cr, As, Zn, Hf, Ta, Sm, Eu, La, Ce, Nd, Th. Кировский - Na, Ca, Fe, Br, Ba, Co, As, Rb, Cs, Sr, Hf, Sc, Yb, Th, U. Во всех административных районах установлены факты превышения ПДК для Cr, As, и Zn, а также Co для Советского, Ленинского и Кировского округов;

- почвы районов расположения всех исследуемых предприятий характеризуются повышенными содержаниями Mg, Na, K, Pb, Zn, Ba, Sr

относительно фоновой территории, а расчет суммарного показателя загрязнения позволил установить в районах расположения ТЭЦ-5, ОАО «Омсктрансмаш» низкую степень загрязнения, в районе расположения ТЭЦ-3 и ПО «Полёт» среднюю степень загрязнения, а в районе расположения ОАО «Омсктехуглерод» - высокую;

- в почвах около ТЭЦ-3 относительно фоновое содержание происходит накопление Cr, Ni, Ba, As, Sr, Fe, Mg, Na, Ca. В районе расположения ТЭЦ-5 в почвах накапливаются Pb, Zn, Ba, Sr, Li, Ti, V, Zr, P. В районах ПО «Полёт» и ОАО «Омсктрансмаш» - Pb, Zn, Cr, Ba, Sr, Na, K, Mn, Mg. В районе расположения ОАО «Омсктехуглерод» - Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Pb, Zn, Co, Ba, Sr, P, Li, Mn, Ti, V, Zr. Кроме того, установлены факты превышения ПДК такими элементами, как As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn во всех исследуемых районах;

- сравнение содержаний химических элементов в исследуемых почвах с кларковым содержанием в земной коре по Тейлору показало превышение в почвах кларковых содержаний As, Cr, Li, Ni, P, Pb и Zn;

- на территории жилой зоны города содержание ртути в почвах изменяется от 0,004 мг/кг до 0,17 мг/кг, что превышает фоновое содержание от 1,5 до 9 раз, а в среднем по городу выше фонового содержания в 1,7 раза;

- для листьев тополя территории г. Омска выявлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов, так, относительно содержания химических элементов в фоновых пробах, на территории всех районов города Омска происходит накопление таких элементов, как Sb, Sm, Cs, Cr, Ce, La, Sc, Fe, Yb, в отдельных районах Br, Zn, Th, As, Rb; для листьев тополя характерны значимые корреляционные связи между Sc-Th-Fe-Ce-Sm-Nf-Yb-Eu-Lu, менее значимые связи в ассоциациях La-Cr, As-U-Cs, Sr-Ca, Zn-Ba, Rb-Br;

- на территории всех районов города Омска происходит накопление таких элементов, как Sb, Sm, Cs, Cr, Ce, La, Sc, Fe, Yb, в отдельных районах Br, Zn, Th, As, Rb. По сравнению с другими городскими

территориями, для г. Омска характерным является накопление в листьях тополя Ca, Fe, Co, Sr, Sc и Cr;

- среднее содержание ртути в листьях тополя превышает фоновое в 2 раза, а в точках с наибольшим содержанием ртути в листьях тополя - в 3 раза, кларковое содержание - в 4 раза;

Таким образом, для городских ландшафтов г. Омска приоритетными элементами, накапливающимися как в почвах, так и в листьях тополя являются Sb, Zn, Cs, Sm, Cr, Hg, Eu, Ba, Ce, La.

Кроме того, при проведении эколого-геохимического мониторинга территории повышенное внимание целесообразно уделять таким элементам, как Pb, As, Sr, Mg, Na, Ca, поскольку уровень их накопления в городских почвах изученной территории относительно высокий.

По совокупности трёх интегральных показателей для Советского и Ленинского района установлен высокий уровень экологической опасности, для Центрального, Октябрьского и Кировского - очень высокий уровень экологической опасности, для города в среднем - высокий.

На территории города выделяется три трансгрессивные геохимические аномалии: в промышленной зоне ОНПЗ, в Октябрьском промышленном узле, в Кировском округе.

Данные участки трансгрессивных аномалий можно считать наименее благополучными с экологической точки зрения, им необходимо уделять особое внимание при дальнейших эколого-геохимических исследованиях территории.

Список публикаций студента

1 Губина К.А. Оценка техногенного загрязнения почв территории г. Омска по результатам изучения их вещественного состава и каппаметрии/ К.А.Губина, Е.Г. Кузьмина; науч. рук. Л.В. Жорняк // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, ТПУ, Томск, 6-10 апреля 2015 г.;

2 Губина К.А. Patterns of mercury distribution in the vertical profiles of bottom sediments ponds (Tomsk area)/ К.А. Губина, науч.рук. А.Ю. Иванов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, ТПУ, Томск, 6-10 апреля 2015 г.;

3 Губина К.А. Закономерности распределения ртути в вертикальном профиле донных отложений слабопроточных водоемов Томского района/ А. Ю. Иванов, К. А. Губина, Е. В. Перегудина // Перспективные направления развития современной науки: сборник научных работ III Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения, Москва, 27-28 Марта 2015 г.– Москва: ЕНО, 2015. – 3 с.;

4 Губина К.А. Геохимические особенности почв в районах расположения ТЭЦ-3 и ТЭЦ-5 (г. Омск))/ К.А. Губина; науч. рук. Л.В. Жорняк // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской студенческой научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, г. Томск, 23-27 ноября 2015 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 227-229];

5 Губина К. А. Ртуть в почвах районов расположения промышленных предприятий на территории г. Омска / К. А. Губина ; науч. рук. Л. В. Жорняк // Проблемы геологии и освоения недр : труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического

университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [С. 116-118];

6 Губина К.А. Особенности распределения ртути на территории г. Омска по данным исследований проб почв и листьев тополя/ К.А.Губина, науч. рук. Л.В. Жорняк // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, ТПУ, Томск, 3-7 апреля 2017 г.

Список использованных источников:

- 1 Алексеевко В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка: монография / В. А. Алексеевко. – М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 520 с.;
- 2 Аношин Г.Н. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири/ Г.Н. Аношин, И.Н. Маликова, С.И. Ковалев и др.//Химия в интересах устойчивого развития, т.3, № 1-2, 1995, с. 69-111;
- 3 Арбузов С.И. Геохимия редких элементов в углях Сибири / С.И. Арбузов, В.В. Ершов. – Томск: Изд. дом «Д-Принт». – 2007. – 468 с.;
- 4 Архангельский В.В. Уран, торий и редкоземельные элементы как индикаторы антропогенного воздействия на почвы юга Томской области / В.В. Архангельский, Л.П. Рихванов // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства. Гидрогеология и инженерная геология. Геоэкология и мониторинг геологической среды: Мат. Межд. науч.-техн. конф. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2001.–С. 124–127;
- 5 Базарский О.В. Методика текстурной биоиндикации геоэкологического состояния окружающей среды/ О.В. Базарский, С.Н. Козинцев. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2011;
- 6 Байдина Н.Л. Загрязнение почв правобережной части Новосибирска тяжелыми металлами // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 3. – С. 37 – 41;
- 7 Балашова С.П. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий [Текст] / С. П. Балашова, А. Е. Самонов, В.Н. и др. Еремин // ЭКиП: Экология и промышленность России. - 2001. - N3;
- 8 Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. Пер. с англ. И.Н. Михайловой. – М.: ГЕОС, 2005. – 457 с.;
- 9 Башкин В. Н. Биогеохимия / В. Н. Башкин, Н. С. Касимов. – М.: Научный мир, 2004. – 648 с.;

- 10 Безносиков В.А. Оценка фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Европейского северо-востока России / В.А. Безносиков, Е.Д. Лодыгин, Б.М. Кондратенко // Почвоведение. – 2007. - № 9. – С. 1064-1070.;
- 11 Большаков В.А. Тяжелые металлы в почвах района «Ховрино» г. Москвы / В.А. Большаков, З.Н. Кахнович // Почвоведение. – 2002. - № 2. – С. 121-126.;
- 12 Булаткина Г.Б. Листовая диагностика процессов загрязнения общей ртутью и оценка ее сезонного накопления на техногенной и урбанизированной территориях/ Г.Б. Булаткина, В.А. Андрианов, А.Н. Бармин А.Н.//Естественные науки. – 2015. – №2. – С.15-20.;
- 13 Вернадский В.И. Биосфера, очерки первый и второй. – Л.: Науч.-техн. изд-во, 1926. – 146с.;
- 14 Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. – 1944. – Т. 18. – Вып. 2. – 191 с.;
- 15 Ветчинникова Л.В., Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях Севера/ Л.В. Ветчинникова, Т.Ю. Кузнецова, А.Ф. Титов. – Петрозаводск: Институт леса Карельского научного центра РАН, 2013;
- 16 Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и эндемии // Докл. АН СССР, 1938. – Т.18. – №4–5. – С.283–286.;
- 17 Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 230 с.;
- 18 Власов Д.В. Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного округа Москвы: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Власов Дмитрий Валентинович. – М., 2015. – 160 с.;
- 19 Гармаш Г.А. Распределение тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия металлургических предприятий // Почвоведение. – 1985. – № 2. – С. 27 – 32.;
- 20 Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.;

- 21 Гладышев В.П. Хемодинамика и мониторинг ртути в окружающей среде // Материалы Симпозиума «Контроль и реабилитация окружающей среды» / под общ. ред. М.В. Кабанова, Н.П. Солдаткина. Томск: Изд.-во «Спектр» Института оптики атмосферы СО РАН, 2000, с. 34-38;
- 22 Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М. А. Глазовская. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.;
- 23 Гордеева О.Н. Биогеохимические особенности миграции ртути в системе «почва – растение» Южного Прибайкалья/ О.Н. Гордеева, Г.А. Белоголова, Л.Д. Андрулайтис // Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН. – Иркутск, 2012, Т. 5, № 3. С. 23–32;
- 24 ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
- 25 ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация;
- 26 ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;
- 27 ГОСТ 12.4.002-74 ССБТ. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования;
- 28 ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.;
- 29 ГОСТ 17.4.2.–01–81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.;
- 30 ГОСТ 17.4.3.01–83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к охране проб;
- 31 ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа.;
- 32 ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов, 1996.;

- 33 ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб.;
- 34 Добровольский В.В. Геохимическое земледование : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «География» / В.В. Добровольский. — М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2008. — 207 с.;
- 35 Добровольский В.В. Основы биогеохимии: Учебник / В.В. Добровольский. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 400 с.;
- 36 Елпатьевский П.В. Поглощение химических элементов древесной растительностью в различных эколого-геохимических условиях / П.В. Елпатьевский, В.С. Аржанова // География и природные ресурсы. — М.: СО АН СССР, 1985. - № 3. — С. 117.;
- 37 Ермохин А.И. Руководство по оценке загрязнения объектов окружающей природной среды химическими веществами и методы их контроля: Учебное пособие / А.И. Ермохин, Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков.— Томск: Изд-во ТПУ, 1995. — 96 с.;
- 38 Заиканов В.Г. Геоэкологические исследования и оценка урбанизированных территорий / В.Г. Заиканов, Т.Б. Минакова, Н.С. Просунцова [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2000. - № 5. — С. 410-421.;
- 39 Ильин В.Б. О нормировании тяжелых металлов в почве // Почвоведение. — 1986. - № 9. — С. 90-97.;
- 40 Имамутдинова С.Р. Оценка влияния среды обитания на метаморфические показатели листьев тополя и степень их повреждения фитофагами. — Москва: Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова, 2013;
- 41 Институт неорганической химии им А. В. Николаева. Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.niic.nsc.ru/institute/СКР/analysis/iCAP-6500.>;
- 42 Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. — М.: Мир, 1989. — 439 с.;

- 43 Каракаева Л. С. О содержании аскорбиновой кислоты и тяжёлых металлов в видах рода *Populus L.* различных зон Оренбуржья / Л. С. Каракаева, Ю. А. Докучаева, А. А. Машкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (41). – С. 226–229.;
- 44 Касимов Н.С. Экология города. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.;
- 45 Касимов Н.С. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г.Улан-Батор (Монголия)/ Н.С. Касимов, Н.Е. Кошелева, О.И. Сорокина, П.Д. Гунин, С.Н. Бажа, Энх-Амгалан. – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2011;
- 46 Катола В.М. Токсичные металлы в окружающей среде Благовещенска // Экология и промышленность России. - Москва: Изд. Калвис, 2010. – 2 с.;
- 47 Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях /Л.Я. Кизильштейн. – Ростов н/Д: Изд-во: СКНЦ ВШ, 2002. – 296 с.;
- 48 Ковалевский А.Л. Биогеохимии растений и поисков рудных месторождений: дисс. док. геол-минерал. наук - Москва, 1983. – 360 с.;
- 49 Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь. – М.: Наука, 1982. – 154 с.;
- 50 Корчагина К. В. Оценка загрязнения городских почв тяжелыми металлами с учетом профильного распределения их объемных концентраций// Автореферат диссертации. – Москва: Изд. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. – 145 с.;
- 51 Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. – 2002. - № 6. – С. 682-692.;
- 52 Лебедева И.И. Антропогенное почвообразование и новая классификация почв России / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, М.И. Герасимова // Почвоведение. – 2005. - № 10. – С. 1158-1164.;
- 53 Леонова Г. А. Биогеохимические проблемы антропогенной химической трансформации водных экосистем / Г. А. Леонова, Г. Н. Аношин, В. А.Бычинский // Геохимия. – 2005. – № 2. – С. 182-196.;

- 54 Летувнинкас А.И. Антропогенные геохимические аномалии и природная среда: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 290 с.;
- 55 Ляпина Е.Е. Экогеохимия ртути в природных средах Томского региона //автореферат диссертации. – Томск: Изд. ТПУ, 2012. – 154 с.;
- 56 Майманова Т.М. Содержание тяжелых металлов в листьях тополей, растущих вдоль Чуйского тракта/ Т.М. Майманова, О.В. Кузнецова, Д.В. Бикбаев. – Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 2007;
- 57 Мальгин М.А. Мышьяк в почвах юга Западной Сибири / М.А. Мальгин, А.В. Пузанов // Сибирский экологический журнал. – 1996. - № 2. – С. 199-212.;
- 58 Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов № 2420/25-2000, ВНИИМ/ Шифр М.: 03-05-99.;
- 59 Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.;
- 60 Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами: Институт экспериментальной метеорологии МГУ. –1981. –108 с.;
- 61 Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. Доклад об экологической ситуации в Омской области в 2015 году [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mpr.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/otraslevaya-informaciya/Ypravleniya/Ecobezopasnost/doklad-ob-eko-sityacii.html> Дата обращения – 20.04.2017;
- 62 Общая информация о г. Омске и Омской области [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.omsk.mid.ru/obsh_inf.html;
- 63 Омск на карте России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bankgorodov.ru/imgreg/48.gif>;
- 64 Омская область – субъект Российской Федерации [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.omsk.izbirkom.ru/way/931673.html>;

- 65 Орлов Д. С. Биогеохимия / Д. С. Орлов, О. С. Безуглова. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 319 с.;
- 66 Панин М.С. Техногенное загрязнение почв Казахстана тяжелыми металлами//Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Доклады II Международной научно-практической конференции, Семипалатинский гос. ун-т.–Семипалатинск, 2002. – С. 60-72.;
- 67 Пашнева Г.Е. Почвы Томского Приобья / Г.Е. Пашнева, Л.А. Изерская. – Томск: ТГУ, 1978.;
- 68 Перельман А.И. Геохимия. - М.: Москва. Высшая школа, 1989 — 528 с.;
- 69 Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Фонд «За экологическую грамотность», 1997. – 320 с.;
- 70 Рихванов Л.П. Геохимия почв и здоровье детей Томска: монография / Л.П. Рихванов, С.Б. Нарзулаев, Е.Г. Язиков и др. – Томск: Изд. ТПУ, 1993. – 141 с.;
- 71 Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.;
- 72 Рихванов Л.П. Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем / Л. П. Рихванов Д.В. Юсупов, Н.В. Барановская, А.Р. Ялалтдинова // Экология и промышленность России. — 2015. — № 6. — С. 58-63;
- 73 Руководство по оптимизации процессов сжигания угля на электростанциях в целях сокращения выбросов ртути [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/coal/POG%20Final%2014%20March%20%202011%20Russian%20version.pdf>.;
- 74 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;

- 75 СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
- 76 Сапрыкин Ф.Я. Геохимия почв и охрана природы. Геохимия, повышение плодородия и охрана почв. – Л.: Недра, 1984. – 231 с.;
- 77 Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2: Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1992. – 292 с.;
- 78 Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7– М.: ВИЭМС, 1992. – 360 с.;
- 79 Скугорева С.Г. Содержание ртути в компонентах природной среды на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината / С.Г. Скугорева, Т.Я. Ашихмина // Известия Коми научного центра УРО РАН. – Сыктывкар, 2012. – Вып. 3 (11). – С. 39-45.;
- 80 Скугорева С.Г. Фитотоксичность фосфорорганических соединений и ртути/С.Г. Скугорева, С.Ю. Огородникова, Т.К. Головкин, Т.Я. Ашихмина. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 156 с.;
- 81 СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки;
- 82 СН 2.2.4/2.1.8.566. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.;
- 83 СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.;
- 84 Современная энциклопедия промышленности России. Заводы Омска, промышленные предприятия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wiki-prom.ru/city/15city.html> Дата обращения – 15.04.2017.;
- 85 Сорокина О.И. Тяжелые металлы в ландшафтах г. Улан-Батора: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Сорокина Ольга Игоревна. – М., 2013. – 144 с.;
- 86 Станченко Л.Ю. Распределение тяжелых металлов в почвах и растительности городских экосистем Калининградской области. – Калининград: РГУ им.И.Канта, 2009.;

- 87 Строганова М.Н. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв Юго-западной части г. Москвы) / М.Н. Строганова, М.Г. Агаркова // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 16 – 24;
- 88 Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири / Автореф. ... докт. биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 32 с.;
- 89 Тимушев А.О. Пространственно-временные изменения повреждения листьев тополя в зеленых насаждениях города Сыктывкар/А.О. Тимушев, Н.А. Мингалева, С.В. Пестов. – Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет, 2011;
- 90 Ткалич С. М. Некоторые общие закономерности содержания химических элементов в золе растений. Биогеохимические поиски рудных месторождений / С. М. Ткалич. – Улан-Уде: Изд-во СО АН СССР, 1969. – 179 с.;
- 91 Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:1000000 – 1:500000 / М.С. Галицын, Б.Н. Островский, Л.А. Островский. – М.: ВСЕГИНГЕО, 19901. – 41 с.;
- 92 Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200000 – 1:100000 / М.С. Галицын, Б.Н. Островский, Л.А. Островский. – М.: ВСЕГИНГЕО, 19902. – 86 с.;
- 93 Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50000 – 1:25000 / М.С. Галицын, Б.Н. Островский, Л.А. Островский. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 127 с.;
- 94 Трошина Е.Н. Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха и почв г. Омска тяжелыми металлами для обоснования мониторинга // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук – Омский государственный педагогический университет – Омск, 2009. – 21 с.;
- 95 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ;

- 96 Углов Б. А. Эксплуатационные свойства реактивных топлив и надежность авиационных силовых установок: Учебное пособие. — Куйбышев: КуАИ, 1986. — 68 с;
- 97 Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности;
- 98 Фокин А.Д. Проблема антропогенных загрязнений почв // Почвоведение. – 1989. - № 10. – С. 85-93.;
- 99 Халбаев В.Л. Содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Hg) в почвенном покрове Иркутска и его окрестностей / В.Л. Халбаев, В.И. Гребенщикова // Вестник ИрГТУ. – Иркутск: Изд. НИ ИТУ, 2012. – Т. 66. – № 7. – С. 71-77.;
- 100 Экологический паспорт Омской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа:
http://mpr.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/pravaya-kolonka/ecopasport/PageContent/0/body_files/file22/%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%208.pdf;
- 101 Эргономика рабочего места [Электронный ресурс] Режим доступа - <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/ergonomika-rabochego-mesta.html> Дата обращения: 15.03.2017.;
- 102 Юсупов Д.В. Геохимические аномалии тяжелых металлов в почвенном покрове г. Благовещенск (Амурская область)/ Д. В. Юсупов; науч. рук. Л. П. Рихванов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, ТПУ, Томск, 6-10 апреля 2015 г.;
- 103 Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк. – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 264 с.;
- 104 Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири // Дисс. ... доктора геол.-мин. наук. – Томск, 2006. – 423 с.;

- 105 Ялалтдинова А.Р. Содержание редкоземельных элементов в золе листьев тополя черного на территории г. Усть-Каменогорска/ А.Р. Ялалтдинова, Н.В. Барановская. – Томск: Изд. ТПУ, 2013;
- 106 Ялалтдинова, А. Р. Влияние выбросов промышленных предприятий г. Усть-Каменогорска на формирование элементного состава листьев тополя / А. Р. Ялалтдинова, Н. В. Барановская, Л. П. Рихванов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 2 (85). – С. 108–113;
- 107 Ялалтдинова А.Р. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Усть-Каменогорска по результатам изучения золы листьев тополя черного (*Populus Nigra L.*) / А. Р. Ялалтдинова, Л. П. Рихванов, Н. В. Барановская, Ж. Е. Абикеева // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2012а. – № 1 (18). – С. 94–99.;
- 108 Ajmone-Marsan F. Trace elements in soils of urban areas/F. Ajmone-Marsan, M. Biasioli //Water Air Soil Pollut. – 2010, 213, 121–143;
- 109 Albanese S. Legacy Problems in Urban Geochemistry Elements. – 2012, 8, p 423–428;
- 110 Alves BJR. The success of BNF in soybean in Brazil//Plant Soil. – 2004;252:1–9;
- 111 Baker A.J.M. Accumulator and excluders: Strategies in response of plant to heavy metals // J. Plant.Nutr. – 1981, 3, 643-654;
- 112 Baycu G. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul / G. Baycu, D. Tolunay, H. Özden, S. Günebakan // Environmental Pollution. – 2006. – № 143. – pp. 545–554.;
- 113 Bini C. Potentially harmful elements in the environment and the impact on human health//Springer Science. – 2014, 295;
- 114 Bowen H. J. M. Environmental chemistry of the elements / H. J. M. Bowen. – London: Academic Press, 1979. – 333p.;

- 115 Celik A. Determining the heavy metal pollution in Denizli (turkey) by using Robinio pseudo-acacia L// Environ Int. – 2005, 31:105-112;
- 116 Chaturvedi I. Effect of Herbal Feed on Goat Haematological and Biochemical Profile// International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research. – Volume 4, Number 3 (2013), pp. 257-262;
- 117 Cicchella D. Heavy metal pollution and Pb isotopes in urban soils of Napoli, Italy//Geochemistry Exploration Environment Analysis 8:103-112, February 2008;
- 118 Dabkowska-Naskret H. Mercury content in garden soils of urban agglomeration/ University of Technology and Life Sciences SZ. Department of Soil Science and Soil Protection 85-029// Global NEST Journal, Vol 9, No 3, pp 237-241, 2007, Bydgoszcz, Poland.;
- 119 De Vries W. Critical soil concentrations of cadmium, lead, and mercury in view of health effects on humans and animals//Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. – 2007, 191, 91-130;
- 120 Devkota B. Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2000, 78(1), 85-91.5;
- 121 Djingova R. Heavy metal distribution in Bulgaria using Populus nigra ‘Italica’ as biomonitor / R. Djingova, G. Wagner, D. Peshev // Science of Total Environment. – 1995. – № 172. – pp. 151–158.;
- 122 Doganlar Z. Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars// African Journal of Agricultural Research. – 2005, Vol. 5(15), p. 2056-2065;
- 123 Fang F. Spatial distribution, bioavailability and health risk assessment of soil Hg in Wuhu urban area, China/Fang F., Wang H., Lin Y.// Environ. Monit. Assess. 2011, 179, 255–265.;
- 124 Fang F. Spatial distribution, bioavailability and health risk assessment of soil Hg in Wuhu urban area, China // Environ. Monit. Assess.–2011, 255–265;
- 125 Filippelli G.M. Geochemistry and Human Health. Elements / Morrison, D. Cicchella, D.//Urban – 2012, 8, 439–444;

- 126 Francisco J. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest // *Landscape and Urban Planning*. – 2009, 90, 102–110;
- 127 Giaccio, L. Does heavy metals pollution affects semen quality in men? A case of study in the metropolitan area of Naples (Italy) / L. Giaccio, D. Cicchella, B. Lombardi//*J. Geochem. Explor.* – 2012, 112, 218–225;
- 128 Heumann H-G. Ultrastructural localization of zinc in zinc-tolerant *Armeria maritima* ssp. *halleri* by autometallography // *Journal of Plant Physiology*, Volume 159, Number 2, 1 February 2002, pp. 191-203(13);
- 129 Kabata-Pendias A.,Pendias K. Trace elements in soils and plants / Kabata-Pendias. -- 4th ed. 631.4'1--dc22, 1986;
- 130 Kelly J. J. Changes in soils over time resulting from one time application of zinc // *Soil Biology & Biochemistry*. – 1996, Vol. 31. P. 1455–1465;
- 131 Kiran Y. The effects of the lead on the seed germination, root growth, and root tip cell mitotic divisions of *Lens culinaris* Medic. Gazi University, J. Sci. 18(1): 17-25, 2005;
- 132 Lee C. Metal contamination in urban, suburban, and country parks of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics/C. Lee, X. Li, W. Shi, S. Cheung // *Sci. Total Environ.* – 2006, 356, 45–61;
- 133 Liu X. Assessing the Capacity of Plant Species to Accumulate Particulate Matter in Beijing, China, 2013;
- 134 Lyapina E. Assessment of mercury content in poplar leaves of Novokuznetsk agglomeration/ E. E. Lyapina [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2016. — Vol. 48 : Environmental Observations, Modelling and Information Systems (ENVIROMIS-2016). — [012022, 6 p.];
- 135 Manta D.S. Heavy metals in urban soils: A case study from the city of Palermo (Silicy)/ Manta D.S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., Sprovieri, M. Italy. *Sci. Total Environ.* 2002, 300, 229–243.;

- 136 Melnikov A. Platinum potential of the Stanovaya metallogenic zone (Far East, Russia)/ A. V. Mel'nikov, D. V. Yusupov, V. G. Moiseenko // *Doklady Earth Sciences*. — 2013. — Vol. 449, iss. 2. — [P. 447-450];
- 137 Molnar V. Elemental concentration in deposited dust on urban tree leaves depending on applied washing method. – University of Debrecen, Department of Ecology, H-4032 Debrecen, Egyetem str. 1, Hungary;
- 138 Naidoo G. The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa// *Environ Pollut.* – 2004;127(3):359-66;
- 139 Ordonez A. Distribution of heavy metals in the street dusts and soils of an industrial city in Northern Spain/ Ordonez A., Loredó J., de Miguel E., Charlesworth S.// *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2003, 44, 160–170.;
- 140 Ottesen R.T. Urban geochemistry in Trondheim, Norway/ R.T. Ottesen, M. Langedak // *Norges geologiske undersøkelse Bulletin*. – 2001, p 63-69;
- 141 Ouzounidog G. Root growth and pigment composition in relationship to element up take in *Silene compacta* plants treated with copper//*Journal of Plant Nutrition*. – 1994, 17: 933–943;
- 142 Psaras S. An Anatomical Study of Seasonal Dimorphism in the Leaves of *Phlomis fruticosa*// *Annals of Botany* Vol. 63, No. 3 (March 1989), 389-394;
- 143 Rikhvanov L. Conditions of the Natural Environment Components According to Ecological-Geochemical Monitoring and Population Health Data (Tomsk Region)/ L. P. Rikhvanov, E. G. Yazikov, N.V. Baranovskaya, A.M. Belyaeva, L.V. Zhorniyak, A.V. Talovskaya // *Medical Geology Newsletter*, 2009, - № No. 14. - c. 31-45;
- 144 Rodrigues S. Spatial distribution of total Hg in urban soils from Atlantic coastal city (Aveiro, Portugal)/ Rodrigues S., Pereira E.M., Sarabando L., Lopes L., Cachada A., Duarte A.// *Sci. Total Environ.* 2006, 368, 40–46.;
- 145 Rodriguez M. Source identification of soil mercury in the Spanish islands // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2013, 64, 171–179;

- 146 Serbula S. Assessment of airborne heavy metal pollution using *Pinus* spp. and *Tilia* spp.//*Aerosol Air Qual Res.* – 2013;13:563–573;
- 147 Shi G. Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China/ Shi G., Chen Z., Xu S., Zhang J., Wang L., Bi C., Teng J.//*Environment Pollutants* 2008, 156, 251–260.;
- 148 Silvio J. Ramos, Guilherme S. Dinali Rare Earth Elements in the Soil Environment//*Current Pollution Reports* 2016, 2, 28-50;
- 149 Steinnes E. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability/ B.J. Alloway, Ed. Springer. – Dordrecht, The Netherlands, 2013; pp. 411–428;
- 150 Tack F.M.G. Mercury baseline levels in Flemish soils (Belgium)// *Environ. Pollut.* – 2005, 134, 173–179;
- 151 Taylor S. R., Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. «*Geochimica et Cosmochimica Acta*». – v. 28, 1964. - P. 1273-85 c.;
- 152 Urban Soil Geochemistry of Glasgow [Electronic resource] <http://nora.nerc.ac.uk/18009/19/OR08002.pdf>;
- 153 Velikova V. Oxidative Stress and Some Antioxidant Systems in Acid RainTreated Bean Plants: Protective Role of Exogenous Polyamines//*Plant Science*, 151, 59-66;
- 154 Wakefield G. Zinc oxide incorporated water-in-diesel emulsion fuel: Formulation, particle size measurement, and emission characteristics assessment//*Petroleum Science and Technology.* – 2008, 34, 2;
- 155 Xiaoping C. Accumulation of three different sizes of particulate matter on plant leaf surface: effect on leaf traits [Electronic resource] <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-4664/2015/0354-46641500102C.pdf>;
- 156 Xinmin Z. Mercury in the topsoil and dust of Beijing city //*Sci. Total Environ.* – 2006, 368, 713–722;
- 157 Yalaltdinova A.R. Geochemical peculiarities of black poplar leaves (*Populus nigra* L.) in the sites with heavy metals intensive fallouts / A. R. Yalaltdinova [et

- al.] // European Geosciences Union General Assembly (EGU2013) : abstracts, Vienna, Austria, April 7-12, 2013;
- 158 Younis A. Anatomical Changes Induced by NaCl Stress in Root and Stem of *Gazania harlequin*//Agricultural communications. – 2013, 2(3): 8-14;
- 159 Yurekli F. The effects of excessive exposure to copper in bean plants// Acta Biol. Cracov. Bot. – 2006, 48(2): 7-13;
- 160 Yusupov D. REE, Uranium (U) and Thorium (Th) contents in *Betula pendula* leaf growing around Komsomolsk gold concentration plant tailing (Kemerovo region, Western Siberia, Russia) / D. V. Yusupov, Yu. A. Karpenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2016. — Vol. 43 : Problems of Geology and Subsurface Development. — [012053, 6 p.];
- 161 Zereini F. Anthropogenic Platinum - Group Elements Emissions. Their impact on Man and Environment//Springer-Verlag Berlin Heidelberg, – 2000, 263;
- 162 Zeynep B. D. Heavy metal pollution and physiological changes in the leaves of some shrub, palm and tree species in urban areas of Adana, Turkey// Chemical Speciation & Bioavailability, 24:2, 65-78.;
- 163 Zhang, X. Molecular evolution of LysM type receptor-like kinases in plants/ S. Findley, J. Wan, M. Libault // Plant Physiol. – 2007 144: 623–636.

Раздел 1

Soils and leaves of poplar as indicator of state the urban environment

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ51	Губина Ксения Александровна		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

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

Soils as indicator of state the urban environment

Urban soil is an integral component of the urban landscape showing a high spatial heterogeneity driven by abrupt lithological and chemical changes. As a result of ongoing urban population growth, urban soil is subject to continuous accumulation of contaminants potentially threatening the health quality of humans living in modern cities [109,125,127]. Among the substances closely related to urban development, heavy metals have been frequently investigated because of their non-biodegradable nature and their long residence time in soil [108]. Multi-elemental geochemical studies of soil have been conducted in diverse cities around the globe and have addressed specific metals that are useful indicators of anthropogenic contamination, typically including Pb, Zn, Cu and Cd [135,132,147].

Airborne pollutants are deposited on surface soils and often accumulated in the soil compartment. Lately, it has been observed that general consumption and waste disposal have caused non-point pollution of urban soils. Soils act as reservoirs for heavy metals and organic micro-pollutants. Human activity may create pathways from these reservoirs to the urban populations. Thus, the quality of urban soils can influence human health [140].

In recent years, many scientists have focused their interest on heavy metals in the soils of urban areas [113]. This is due to the often close juxtaposition of humans with soils, either as suspended dust or by direct contact.

The compilation of databases of trace metal concentrations has enabled informed decision-making for setting soil protection guidelines and determining the suitability of a particular land use, by assessing potential risk to humans or the environment.

Mapping contaminant distribution allows immediate appraisal of the variability of harmful elements in an area and enables rapid identification of areas that may contain excessive concentrations of toxic metals. This is essential for subsequent risk assessment [117].

In addition to heavy metals, a dangerous and toxic chemical element for human health is mercury. Mercury is a widely distributed hazardous contaminant and has received great attention globally because of its persistence in the environment, high toxicity and tendency to form more toxic organic mercury compounds [156]. Soil is regarded as an important sink of Hg and plays a vital role in its biogeochemical cycle [124]. It is estimated that half of the global Hg contamination over the past few decades has been accumulated in soil [149]. The natural loadings of Hg in soil are the result of the composition of parent materials [145] and atmospheric deposition of biogenically derived Hg [149]. Nevertheless, anthropogenic sources of Hg emissions have been identified, including coal burning, incineration of municipal solid waste, electronic and paper industries, and pharmaceutical units [144, 150]. Once in the air, Hg can be widely dispersed and transported thousands of kilometers from emission sources.

Special attention should be paid to rare-earth elements. The rare earth elements (REEs) are commonly defined as lanthanum (La) and the 14 elements comprising the Lanthanide series: cerium (Ce), praseodymium (Pr), neodymium (Nd), promethium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), and lutetium (Lu). The Lanthanide series consists of unique elements characterized as having a ground state electronic configurations having at least one electron in the 4f electronic orbital. Yttrium (Y) is frequently included as a rare earth element because of its small ionic radius, approximately the same ionic radius as Ho. Lanthanum is frequently associated because of its position in the Periodic Table and its similar trivalent chemical affinity. Promethium undergoes radioactive decay and its presence in the natural environment is virtually nonexistent.

REE are found in more than 270 minerals - either primary or secondary - in a wide range of concentrations. Despite this, 95 % of all mineral resources containing REE in the world are concentrated in only three minerals: bastnasite, monazite, and xenotime.

The availability of REE in the environment under natural conditions depends on the parent material, as well as on geochemical and biological processes. It is known that mineral weathering is an important source of elements to the soils.

It is well known that the bioavailability, toxicity, and deficiency of any element in the environment depend on the element's own characteristics and the soil capacity to release it from the mineral phase or colloidal fraction. The adsorption of La, Y, Pr, and Gd depends on pH and soil cationic exchange capacity (CEC), and the availability of La, Ce, Gd, and Y increases with a decrease in pH and redox potential.

The adsorption of REE in soils is also influenced by clay type and content, especially the concentrations of aluminum silicates and iron and manganese oxides, with these last ones having the greatest adsorption capacity.

There is also a difference concerning light and heavy REE behavior in soil, with LREE being mainly associated to clayey soils, whereas HREE are more associated to sandy soils.

The knowledge of natural contents of an element in the soil (background concentration) is crucial for ecological and human health risk assessments. Regarding REE, this aspect deserves a special attention, because our understanding on the biological role of these elements is still in its early stages and little is known about their effects in ecosystem function, which is especially relevant in areas affected by anthropogenic activities that alter natural concentrations of REE in soils.

Contents of REE naturally found in soils basically depend on the parent material, decreasing as follows: granite > basalt > sandstone. Soils originated from igneous rocks, schists, and sandstone tend to contain more REE when compared to those originated from other materials. Increased REE contents in areas affected by anthropogenic alterations are usually a result of the application of agricultural fertilizers. However, environmental factors such as rain, snow, and wind transport can contribute to these contents, mainly in areas close to large industrial sites [16].

The principal controls on our local environment relate to the geology beneath our feet. The rocks - along with superficial materials deposited by rivers or glaciers over long periods of time - dominate the chemical composition of the surface water and soils in our environment. In rural areas less affected by industrialisation, we can establish a near-natural geochemical background of soils. In contrast, by investigating the geochemical composition of soils in built-up urban areas, an assessment of the anthropogenic modification can be made.

Potential sources of anthropogenic pollution soils in urban environments

The likely sources of inorganic pollutants in urban environments have been well documented in the literature.

Possible sources include building, waste disposal, transport, industrial and manufacturing activities and the use of fossil fuels. The types of pollutants commonly associated with these activities are summarized as follows.

1. Buildings, Households and Waste Disposal

Metal accumulation in the environment is well documented and is often associated with the disposal of fossil fuel residues (ash and soot), household refuse, bonfires and the application of phosphate fertilizers (Cd and P_2O_5).

Soils are also affected by atmospheric anthropogenic pollution from the burning of fossil fuels, vehicle emissions and industrial processes. Metal contaminants are often present in variable concentrations in domestic and industrial wastes. Over 90% of refuse is now deposited in landfill sites from which there is usually little dispersion of metals into the neighbouring environment. However, the disposal of waste materials was often undocumented and uncontrolled in the past. In addition to solid refuse, waste-waters from a host of urban activities such as food processing, laundries and breweries often contain high concentrations of metal and metalloid elements; arsenic is present in household detergents, for example.

Although the majority of building materials are relatively inert, the demolition of properties, particularly older buildings may lead to anthropogenic pollution with metals such as Pb from paint and substances such as asbestos.

Fragments of brick, concrete and mortar, debris from demolition and construction, also commonly form significant constituents of urban soils.

2. Urban Surface Run-off and Transport

Urban surface run-off waters often contain high concentrations of Cu, Pb, Zn and other compounds derived from road traffic and industrial sources. Until recently, traffic fumes have also been a major source of Pb in the surface environment and, for example, Kelly et al. have demonstrated the effects of proximity to roads on urban soil quality [130].

Although there is evidence to suggest that Pb levels in urban environments are falling due to removal of this element from petrol, studies have shown a coincident increase in Pt concentrations as a result of usage in catalytic converters [161]. Due to the fall in Pb levels suggested that Ba is a good indicator of traffic fume anthropogenic pollution as it is added to diesel to reduce soot emissions.

Elements such as Zn (used in tyres) are also enhanced in the urban environment as a result of road vehicle usage. In addition to road transport, areas of railway land often contain scrap metal, oil and debris from rolling stock in the soil whereas canal sediments are commonly contaminated with spillage from cargo, motor fuel and paint. More recently, Ce has been used as a fuel-borne catalyst to aid the regeneration of diesel particulate filters and this may lead to increased environmental levels of Ce [154].

3. Metal Smelting

Metal smelting activities can result in the anthropogenic pollution of land and drainage via stack and fugitive emissions, liquid effluent and the dumping and erosion of slag materials and the transport and spillage of metal concentrates.

Historically, atmospheric emissions were large, but today depend on the technology employed in the plant, the composition of the raw materials and the pollution control system.

Elevated levels of Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe₂O₃, Hg, Ni, Pb, Sb, Se and Zn are often recorded in the vicinity of smelters and other elements such as Au, Bi, F, Mo,

Sn, Tl and W may also be enhanced in the local environment depending on the type of smelter.

4. Extraction and Combustion of Fossil Fuels

Coal mining and the waste products derived from it (ash and slag) can contain elevated concentrations of potentially harmful substances (PHSs). Drainage waters from old coal mines and leachates and run-off from coal and waste piles may be extremely acid due to the oxidation of sulphides. These fluids can contain high levels of Cu, Fe₂O₃, MnO, Ni and Zn and appreciable amounts of other elements such as As and Pb which can contaminate soils.

Sites of disused and demolished power stations often contain soluble salts, residues of coal and pulverised fuel ash (which is highly alkaline pH 11 – 12). Atmospheric pollutants associated with power stations include Ag, Cd, Cu, Ga, Ge, Hg, Pb, Sb, Se, and Zn and environments around coal power stations can be enhanced in Cd, Co, Cr, Cu, Fe₂O₃, Hg, Ni, TiO₂ and Zn.

Fly ash from power stations, which was often used historically to condition land, contains concentrated levels of As, B, Be, Cd, Cu, MnO, Mo, Ni, Sb, Se, Te, V and Zn and may result in anthropogenic pollution.

5. Manufacturing Industries

Many industrial processes can give rise to anthropogenic pollution; as a general rule, the older the industry, the more likely it is to have produced substantial anthropogenic pollution of the local environment and nearby drainage systems. Chemical works, gas works and oil refineries give rise to a wide range of contaminants in soil.

Potential pollutants from chemical works include Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sn and Zn. Agricultural-chemical and fertiliser industries may be associated with a wide range of contaminants (trace metals, metalloid elements, P₂O₅ and N) whilst explosive works residues may contain As, Cu, Hg and Pb.

Oil refineries and the manufacture of oil-based products are potential sources of As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V and Zn, whereas petroleum cracking catalysts have been traced as the source of light rare-earth element anomalies.

Old gas works may be polluted with coal and coal residues, spent iron oxides, cyanides, sulphates and a range of organic compounds. Many metals may be present in high concentrations around steelworks, foundries, electroplating and finishing works.

The cleaning and etching of bare metal surfaces in metal finishing and plating processes are major sources of Cd, Cr, Cu, Ni and Zn in drainage systems. Battery manufacture may generate waste rich in Cd, Hg, Ni, P_2O_5 , Sb and Zn. The processing of scrap metals results in site anthropogenic pollution with metal and metalloid elements in addition to organic substances.

Waste-waters derived from paint and dye-stuff producers often contain elevated levels of Cd, Cr, Cu, Hg, Pb and Se from the pigments and raw materials of these industries.

Electrical and electronic industry waste can contain Cd, Cu, Pb, Se and Zn, whereas Cd, Pb, Sn and Zn are used in the manufacture of synthetic rubber and plastics as stabilisers and pigments.

The leather and textile industries use chromates and dichromates to condition cloth, which can be sources of Cr enhancement in drainage systems.

The glass and ceramic industries use Co, Cr, Cu, Fe_2O_3 , Mo, Pb, Se, TiO_2 among other elements as pigments, glazes and conditioning agents.

Finally, new technologies such as mobile phones and integrated circuits are adding new trace element contaminants to the environment such as tantalum (Ta). In summary, an extensive array of activities in urban environments form potential sources of anthropogenic pollution and urban soils often act as sinks for these contaminants [152].

Leaves as indicator of state the urban environment

Air pollution is a major problem in modern society. Even though air pollution is usually a greater problem in cities, pollutants contaminate air everywhere. These substances include various gases and tiny particles, or particles that can harm human health and damage the environment.

Particulate matter (PM), a serious air pollutant in both developed and developing countries, is a mixture of heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, black carbon and other substances suspended in the atmosphere.

PM is mainly derived from anthropogenic activities, and varies in terms of morphology, origin, physical characteristics, chemical composition and size. According to the aerodynamic diameter, PM can be classified as large PM ($>10\text{ }\mu\text{m}$), coarse ($2.5\text{--}10\text{ }\mu\text{m}$), fine ($0.1\text{--}2.5\text{ }\mu\text{m}$) and ultrafine ($\leq 0.1\text{ }\mu\text{m}$).

One of the factors related to the damaging effects of PM is particle size. Large particles are primarily deposited in the conducting and gas-exchange areas of the human respiratory system during mouth-breathing; coarse particles are deposited on the upper respiratory tract; fine particles or ultrafine particles can penetrate the alveoli of the lungs [155].

Plants play an important role in mitigating urban pollution. Leaves and other parts of plants may act as persistent absorbers of particulate matters [133].

Biological indicators have been used to detect air pollutants and assess air quality in urban environment in the past few decades. The opportunity of long-term air pollution monitoring and inexpensive sampling is great advantage of these methods. Elemental analysis of tree leaves and foliage dust have been proved useful to provide information about toxic elements in the air [146].

Leaves are highly sensitive to air pollution, because they are directly exposed to air contaminants. Leaves can absorb gaseous pollutants via the stomata and they also passively collect dust via the trichomes on their surface. Based on this ability of the leaves, air pollution removal and air quality improvement by urban forests have been studied in various countries [158, 126]. The efficiency of pollutant accumulation and dust trap depends on morphological and anatomical parameters of leaves. On the other hand, leaf structure can be damaged by heavy loads of dust pollutants [137].

Particles deposited on leaf surfaces can reduce the illumination reaching the photosynthetic apparatus and block stomata. In both cases, photosynthesis and growth would be reduced. For example, petiole length and leaf area under polluted

conditions was reduced. Naidoo and Chirkoot revealed that coal dust reduced the carbon dioxide exchange of leaf surfaces by 17-39%, and significantly decreased the chlorophyll fluorescence [138]. Kapoor et al. investigated tree species *Dalbergia sissoo* Roxb. and found an obvious reduction in photosynthetic pigments, pH and RWC in the polluted environment. Also studied the effect of dust load (DL) on leaf traits, and found that the values of SLA, RWC and chlorophyll content were significantly reduced in a polluted site [120].

The interactions between plants and different types of pollutants were investigated by many authors: most studies on the influence of environmental pollution focus on physiological and ultrastructural aspects [128,142,153].

Studies concerning the anatomy of the vegetative organs under conditions of pollution have been also carried out [110]. The reaction of different species to the altered environmental conditions is strongly correlated with their structural and functional features. Studies show that under the action of pollutants, plants develop different morphological and anatomical changes.

Various authors investigated the effects of pollution on different species of Fabaceae. The strong correlation between the degree of contamination and concentrations in all plant leaves assessed displayed that the leaves of *Robinia pseudo-acacia* reflect the environmental changes accurately, and that they appear as an effective biomonitor of environmental quality [115].

Plants can reduce particulate matter in atmosphere, some plant performance studies have shown that plant growth is influenced by atmospheric pollution, and the level of influence on growth depends on plant species, pollutant type and concentration, as well as a number of environmental factors [116].

The first attempts for (in the early 1960s) biomonitoring and assessment of environmental pollution coming from exhaust gases of automobiles in road traffic were based on the analyses of different trees, grasses and vegetables that grow near highways and in the cities. Since then phytomonitoring is increasingly used as an alternative to the traditional methods, for studying the regional deposition of

natural and anthropogenic pollutants from the atmosphere to the terrestrial environment [111].

Recently, different bio-indicators are used in monitoring of the air pollution especially in urban areas. Botanical materials such as fungi, lichens, tree rings and leaves of higher plants have been used to detect pollution level. The use of higher plants, especially different parts of trees, for air monitoring purpose is becoming more and more widespread [119].

Trees are long-lived organisms, which can take up trace elements from the soil, water, or air, and retain them for a long time. However, the foliage of tree species from contaminated regions can be considered as an accumulation monitor where significant amount of chemical elements is cumulated on the leaf surface [162].

Heavy metals are one of the most important chemical pollutants. Although they occur naturally in the soil, heavy metals also enter in the environment through chemical wastes, chimney gases, industrial products, pesticides and chemical fertilizers. Plants can take-up heavy metals from the soil and water via their roots and from the atmosphere via the leaves. The uptake, accumulation and translocation of heavy metals in plants may vary in different species due to anatomical and physiological differences [129].

For example, hairy and waxy leaves retain more heavy metals compared to leaves without hairs or wax. Heavy metal uptake can also vary for different parts of the same plant. For this reason, wood, bark, stem, flower, needle, root and leaf tissues of plants have been used to determine airborne heavy metal pollution. It is known that the amount of metal in the leaf tissues of herbaceous and woody plant species growing near emission sources reflects the pollution level of these areas [122,159].

The amounts of Pb, Zn and Cd in leaf tissues of *Cichorium intybus* L. and *Rumex pulcher* L. plants collected from roadside locations was associated with distance from the road.

Similarly, industrial and mining activities caused more accumulation of heavy metals (such as Fe, Cu, Cd, Pb and Zn).

Heavy metals such as Fe, Mn, Zn and Cu are microelements for plant growth and development and are very toxic in high concentrations. However, Cd, Hg and Pb have no biological function in plant development and are toxic even at very low concentrations. Heavy metals induce morphological and physiological changes in plants including chlorosis and inhibition of seed germination and root-shoot development [122,159].

In addition, these elements cause biochemical changes such as formation of reactive oxygen species which results in altered levels of enzymatic and non-enzymatic antioxidants and proteins, decreases in pigment content and lipid peroxidation. Guaiacol peroxidase (POD) is one of the antioxidant enzymes that are significantly correlated with heavy metal accumulation in plant tissues [131].

Changes in this enzyme's activity are used as an important indicator of heavy metal stress in plants, plants growing in industrially polluted areas, POD activity increased with metal pollution [159]. Similar results were reported in apricot (Al), *Avicennia marina* (Cu, Pb and Zn), *Populus* (Pb), *Phaseolus vulgaris* (Cu, Hg and Cr), *Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorrhiza* (Pb, Cd, Hg) plants [159, 163].

However, exposure of *Helianthus tuberosus* L. to Fe, Co, Sr, Zn, Hg, Ni, Al and Pb caused reductions in POD activity [131]. Peroxidases have several significant roles in plant growth and development (such as lignification, cross linking of cell wall polysaccharides, oxidation of indole acetic acid, cell elongation and phenol oxidation) [159].

They also cause decreases in malondialdehyde (MDA), which is formed as a result of membrane lipid oxidation, and is important for maintaining cell membrane integrity [159]. MDA is a cytotoxic end-product of lipid peroxidation and used as a marker (indicator) of exposure to oxidative stress of plants. Increased and decreased MDA amounts were reported for different plant species. For example, while different heavy metals caused increased MDA levels in bean

(under Cu, Cd and Zn stress) and in *B. gymnorrhiza* (under Pb, Cd and Hg stress), decreased MDA levels were observed in *K. candel* (under Pb, Cd and Hg stress) and *Phaseolus aureus* (under Co stress) [163].

Heavy metals cause reductions in the content of photosynthetic pigment (total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids) due to peroxidation of the photosynthetic membrane and inhibition of chlorophyll biosynthesis enzymes [148].

Recently, the actual topic of the study is the content of rare-earth elements in plants.

REE concentrations in plants vary depending on the content of these elements in the environment and among different plant species. Because of their greater mobility in soils, the light REE is more easily absorbed by plants, therefore occurs with a higher content than heavy REE in plant tissues. In addition, since heavy REE form much more stable complexes in soil solution, preference is given to preferential absorption of light REE.

Other factors affecting the absorption of REE in soil solution are the levels of nitrogen, potassium and phosphate fertilizers. The absorption of REE is facilitated by an increase in the rate of nitrogen and potassium fertilization, and phosphate fertilization complicates the absorption of these elements.

Plants have a range of features that affect REE redistribution, especially those related to the presence of apoplastic barriers. Initially, the apoplastic barriers situated in the roots are the first obstacles for these elements to reach the xylem, thus impairing their translocation to remaining plant organs. Due to this fact, the contents of REE found in different plant organs follow the sequence: roots > stems > leaves > flowers > fruit > seeds.

REE absorption occurs also thru foliar applications. Under these circumstances, the apoplastic barriers continue to work as obstacles to the translocation of these elements to different plant parts. However, in this case, the distribution of these elements follows the order: leaves > stems > roots > flowers > fruit > seeds [148].

As seen, the effects of REE on plants can be either direct, due to their presence in plant structures, or indirect—mainly in the shoot—for triggering processes through secondary messengers that cause a cascade effect on metabolic processes. Owing to this fact, plant processes affected by the presence of REE are quite complex and still need to be better elucidated.

The presence of rare earth elements in plants in small concentrations has a positive effect.

Some studies report a positive effect of REE on seed germination, mainly because these elements act synergistically with phytohormones that stimulate germination. It is widely reported that REE positively affects plant growth, increasing biomass production [148].

Even though many medical and pharmacological studies have been reported with REE, so far, little attention has been given to the ecological and environmental aspects of REE in soils and their possible transference in the trophic chain.

Thus, additional experiments that seek to evaluate the real contents to which human beings are exposed to REE are an urgent need. These results could possibly reduce the pressures imposed mainly on agriculture, which is the main activity (as a diffuse source) responsible for increasing the contents of REE in soils [148].

In recent years, scholars have strived to evaluate the atmospheric environmental benefits of urban greening plants. They want to accumulate garden plants that can absorb atmospheric pollutants, including sulfur and lead, and to screen out typical pollutants. Currently, the Nanjing green plant leaves are able to absorb lead.

***Ecological-geochemical assessment of Omsk city according to the study samples
soils and leaves of poplar***

Industrial enterprises have a negative impact on state the natural environment, which is accompanied by the introduction of harmful substances into all its components.

In this case, the most intensive impact is on the soil cover. Soil cover is a long-term depositing medium, carries information about the technogenic effect and accumulates harmful substances.

Soil is basis of habitat plants and it enters with them into close metabolic processes. In this regard, the soil is a source of entry hazardous chemical elements into various parts of plants, including leaves. In addition, the leaves have a high bioindication potential, since they absorb from the atmospheric air a large number of toxic components.

The content of mercury, heavy metals, and rare earth elements in poplar leaves is described by different authors. The research was carried out on the territory of Russia in the cities of Novokuznetsk, Komsomolsk, Novosibirsk, and also in the Far East, in Kazakhstan - Ust-Kamenogorsk [134,136,157,160].

Soil research was carried out on the territory of Tomsk, Blagoveshchensk, Irkutsk, Novosibirsk, Kirov and others [143].

Since there is no date information about concentrations of heavy metals, mercury and other elements in the studied objects in Omsk city, this research is relevant.

Seventy eight soil samples were collected from locations around the study area. The urban soils were collected from residential and industrial areas as well as along major roads. Forty-five samples of soils were selected in the locations of industrial enterprises, and thirty-three samples of soils and poplar leaves in accordance with the area network in the city. A sample of soil and poplar leaves, selected 61 km from city in village Lyubinsky, in studies is the background, in connection with a minimum level of anthropogenic impact on the territory.

These soils are expected to exhibit elevated metal contents due to contamination by anthropogenic activities such as domestic and industrial waste disposal and vehicular exhausted fumes.

Samples of surface soil were taken at depths of 0-10 cm using a metallic shovel in each location. About 0.5 kg of samples were collected at the sampling points, stored in polyethylene bags, which were delivered to the laboratory.

In the selection of soil samples taken into account the wind direction, the power sources of emissions, especially urban areas. Samples were collected in mid-summer 2014 and autumn 2015.

In the laboratory the samples were air dried and sieved to <1 mm fraction and shredded on a micro vibration shaker to the state of powder. Samples of soil weighing 100 mg were packed in foil. Analysis of heavy metals and REE was carried out using instrumental neutron activation analysis (INAA).

Thirty three samples of poplar leaves were selection of poplar leaf samples on a uniform grid of 2*2 km on territory Omsk city.

Samples of leaves were selected at arm's length by an average sample method from the lower part of the crown surface along the circumference at a height of 1.5-2 m from the ground surface with approximately one-time species of one species in special numbered paper envelopes. Selected samples were recorded in the journal. Sampling was carried out according to the standard scheme, in accordance with the requirements.

In the laboratory the samples were air dried and ashing at a temperature 450 °C. Samples of leaves weighing 100 mg were packed in foil. Analysis of heavy metals was carried out using instrumental neutron activation analysis (INAA).

Sample preparation of soils and poplar leaves, analytical studies were carried out in laboratory «Uranium Geology» NR TPU. As an analytical method, atomic absorption analysis was used using the RA915P software. Determination of mercury content in soil and leaves samples was carried out using a mercury gas analyzer RA 915+ with the Pyro-915 +.