

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра геологии и природопользования
Специальность 21.05.02 – Прикладная геология

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
И.о. зав. кафедрой

_____ Д. В. Юсупов
«17» июня 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: Мониторинговые эколого-биогеохимические исследования масштаба
1:100000 территории города Благовещенска (Амурская область)

Исполнитель
студент группы 9110-ос _____ С. А. Дюльдина

Руководитель
профессор, д.г.-м.н. _____ Д. В. Юсупов

Консультант
по разделу безопасность
и экологичность проекта
профессор, д.г.-м.н. _____ Т. В. Кезина

Нормоконтроль
ст. преподаватель _____ С. М. Авраменко

Рецензент _____ А. В. Мельников

Благовещенск 2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра геологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
И.о. зав. кафедрой

_____ Д. В. Юсупов
« 20 » декабря 2023г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе (дипломной работе) студента
Дюльдиной Светланы Алексеевны

1. Тема дипломного проекта «Мониторинговые эколого-биогеохимические исследования масштаба 1:100000 территории города Благовещенска (Амурская область)».

(утверждено приказом от 06.03.2024 №632-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: _____

3. Исходные данные к дипломной работе: опубликованная литература, фондовые материалы, нормативные документы

4. Содержание дипломной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): общая часть, геологическая часть, геоэкологическая характеристика, методика проектируемых работ, безопасность и экологичность проекта, экономическая часть

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.): 26 рисунков, 23 таблицы, 5 графических приложений, 100 библиографических источников

6. Консультанты по дипломной работе (с указанием относящихся к ним разделов): общая, геологическая, методическая и производственная части – Д.В. Юсупов; безопасность и экологичность проекта – Т. В. Кезина

7. Дата выдачи задания: 20.12.2023г.

Руководитель дипломного проекта: Юсупов Дмитрий Валерьевич, профессор, д-р геол.-минерал. наук, доцент

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата) 20.12.2023г.

подпись студента

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 100 страниц печатного текста, 26 рисунков, 23 таблицы, 5 графических приложений, 100 литературных источника.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ЛИСТЬЯ ТОПОЛЯ, УРБАНИЗИРОВАННАЯ ТЕРРИТОРИЯ, ГОРОД БЛАГОВЕЩЕНСК

Приведены необходимые для исследования сведения о физико-географическом положении территории, её геологическом строении и геоэкологической изученности.

Объект исследования: листья тополя в урбанизированной зоне г. Благовещенска, Амурская область.

Предмет исследования: химический состав листьев тополя в этой зоне.

Цель работы: оценить эколого-геохимическое состояние окружающей среды Благовещенска на основе биогеохимического анализа.

В 2013 и 2019 гг. в Благовещенске отобрали 40 и 46 проб листвы тополя по сети 1×1 км соответственно. Пробы анализировали рентгенофлуоресцентным методом.

Результаты анализов обработаны с помощью Microsoft Excel и Ststistica. Карты-схемы распределения химических элементов созданы в Corel Draw и Surfer. Розы ветров построены в программе Origin.

Область применения: полученные данные могут использоваться для мониторинга состояния окружающей среды Благовещенска, а также администрацией города при разработке нового генерального плана до 2025 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

- ВСТО – Восточная Сибирь - Тихий океан
- ДВО РАН – Дальневосточное отделение Российской академии наук
- ИГиП – Институт геологии и природопользования
- МЭД - Мощность эквивалентной дозы
- ОАО – Открытое акционерное общество
- ООО - Общество с ограниченной ответственностью
- ПАУ - Полиароматические углеводороды
- ПДК – Предельно-допустимая концентрация
- ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина
- РСА - Рентгеноспектральный анализ
- РФА - Рентгенофлуоресцентный анализ
- СанПиН - Санитарные правила и нормы
- ТБО – Твердые бытовые отходы
- ТЭО – Технико-экономическое обоснование
- ТЭЦ – Теплоэлектроцентраль
- ФГБУ – Федеральное государственное бюджетное учреждение
- ЦКП - Центр коллективного пользования

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Физико-географическая характеристика территории и природные факторы, контролирующие миграцию химических элементов	8
1.1 Географическое положение	8
1.2 Геологическое строение	8
1.3 Рельеф	10
1.4 Климат	11
1.5 Поверхностные воды	13
1.6 Почвы и почвообразующие процессы	14
1.7 Растительный покров	16
2 Геоэкологическая характеристика территории и техногенные факторы, контролирующие миграцию химических элементов	19
2.1 Планировочная структура и функциональное зонирование города	19
2.2 Промышленная инфраструктура и крупные предприятия	20
2.3 Транспортная инфраструктура	24
2.4 Загрязнение природных компонентов	25
2.5 Экологически обусловленная заболеваемость населения	34
3 Методика и объекты исследований	38
3.1 Отбор и обработка биогеохимических проб	38
3.2 Аналитическое и метрологическое обеспечение исследований	41
3.2.1 Рентгенофлуоресцентный анализ	41
3.3 Камеральная обработка данных	43
3.3.1 Статистические методы обработки данных	43
3.3.2 Методика построения картосхем ореолов	44
3.3.3 Методика эколого-биогеохимической оценки территории	44
4 Эколого-биогеохимическая характеристика территории г. Благовещенска	47

4.1	Общая биогеохимическая характеристика территории	47
4.2	Торий-урановые отношения	55
4.3	Биогеохимические ореолы радиоактивных элементов	58
4.4	Биогеохимические ореолы элементов с повышенными коэффициентами концентрации	59
4.5	Интегральная эколого-биогеохимическая оценка территории	63
4.5.1	Расчет коэффициента биогеохимической трансформации	69
4.5.2	Распределение значений коэффициента биогеохимической трансформации Z_v	71
5	Экономическая часть	73
6	Безопасность и экологичность научно-исследовательской работы	79
	Заключение	87
	Библиографический список	90

Список графических приложений:

Номер приложения	Наименование чертежа	Кол-во листов
1	Фрагмент геологической карты листа М-52	1
2	Методический лист	1
3	Результаты статистической обработки	1
4	Биогеохимические ореолы	1
5	Сводная смета	1

ВВЕДЕНИЕ

Данная дипломная работа является научно-исследовательским трудом, который посвящен изучению экологических и биогеохимических характеристик на примере города Благовещенска в Амурской области.

Актуальность исследования. Для устойчивого развития окружающей среды необходим мониторинг. Первые полномасштабные сведения об экологическом состоянии природных сред территории города Благовещенска получены в 1990х гг. в ходе геоэкологических исследований под руководством А. К. Шадрина. Произведена комплексная оценка загрязнения приземной атмосферы, почв тяжелыми металлами, а также предварительная оценка радиоактивного загрязнения г. Благовещенска [95].

За последние 20 лет сотрудниками Института геологии и природопользования проведены систематические эколого-геохимические исследования различных природных компонентов среды. Результаты мониторинговых площадных эколого-биогеохимических исследований территории г. Благовещенска ранее не анализировали и не публиковали.

Цель работы: оценить эколого-геохимическое состояние территории г. Благовещенска по результатам биогеохимической съемки масштаба 1 : 100 000 в 2013 и 2019 гг.

Задачи:

1. Подготовить обзор фондовой, научной и методической литературы.
2. Провести отбор и подготовку листьев тополя для лабораторных аналитических исследований.
3. Определить химический состав проб листьев тополя.
4. Провести статистическую обработку аналитических данных.
5. Построить и сравнить биогеохимические ореолы рассеяния элементов в 2013 и 2019 гг.
6. Рассчитать интегральные показатели и интерпретировать полученные данные.

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ И ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ МИГРАЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

1.1 Географическое положение

Благовещенск - город на юге Дальнего Востока России, основанный в 1852 году в месте слияния рек Амура и Зеи. Значительная часть Амуро-Зейского междуречья. Расстояние от Благовещенска до Москвы по автодороге составляет 7750 км.

В настоящее время Благовещенск является пятым по величине городом Дальнего Востока и остается единственным административным центром России, расположенным на государственной границе. Благовещенск - административный центр Амурской области. Площадь территории города занимает 353,58 км², из них урбанизированная часть занимает около 58 км² [76]. На 1 июня 2023 года численность населения города составляет около 240 тысяч человек - 32,5% от численности Амурской области (по данным Амурстата).

Территория города расположена в пределах листа М-52-XIV (масштаб 1:200000) международной разграфки.

Он расположен на Зейско-Бурейской равнине, а именно на левом берегу реки Амур, в месте впадения в нее реки Зея. Территория города и области сопряжена с северо-восточной частью Китая (КНР) по реке Амур - провинцией Хэйлунцзян, городом Хэйхэ.

Природный ландшафт Благовещенска формируется пойменным режимом рек и растительными сообществами, типичными для неморальной лесной зоны. На протяжении всей истории были освоены днища долин рек Амур и Зея, а также пространства между ними в Амуро-Зейском междуречье [75].

1.2 Геологическое строение

Город расположен на юго-западной окраине Нижне-Зейской впадины, на стыке Благовещенского поднятия и Дмитриевского прогиба. На рисунке 1

представлена схема геологического строения территории г. Благовещенск и его окрестностей.

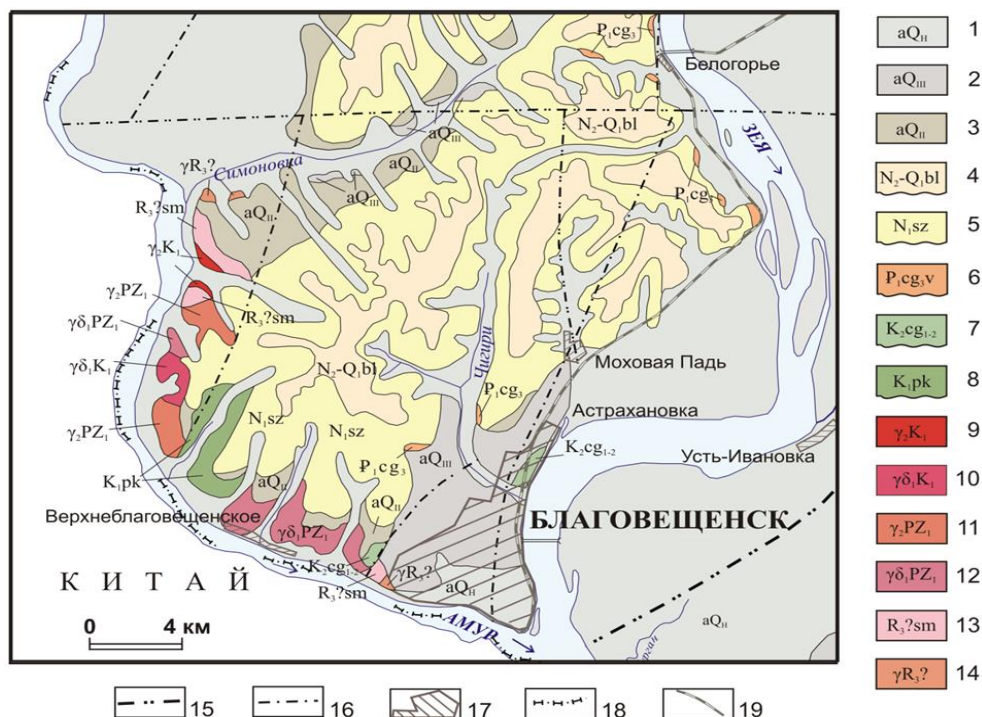


Рисунок 1 – Схема геологического строения территории г. Благовещенск и его окрестностей (Фрагмент из «Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Лист М-52-Х1V (Благовещенск). Кузьменко С.П.») [43]:

1 – Голоцен. Аллювиальные пески, галечники, гравий, валуны, илы и глины (до 25 м). 2 – Неоплейстоцен. Верхнее звено. Аллювиальные пески, глины, галечники (до 30 м). 3 – Неоплейстоцен. Среднее звено. Аллювиальные глины, пески, гравий (до 26 м). 4 – Белогорская свита. Пески, глины, алевроиты, прослои гравийников и галечников (до 40 м). 5 – Сазанковская свита. Каолинизированные пески и алевроиты, глины, гравийники, галечники, линзы лигнитов (до 130 м). 6 – Цагоянская свита. Верхняя подсвита. Алевроиты, глины, пески, песчаники, гравелиты, конгломераты (до 130 м). 7 – Цагоянская свита. Средняя и нижняя подсвита. Глины, аргиллиты, алевроиты, алевролиты, пески, песчаники, линзы бурого угля и бентонитовых глин (до 290 м). 8 – Поярковская свита. Риолиты, их туфы, плагиориодациты, андезиты, базальты (до 350 м). 9 – Раннемеловые интрузии. Комплекс гранодиорит-гранитовый. Вторая фаза. Граниты. 10 – Раннемеловые интрузии. Первая фаза. Гранодиориты, тоналиты, кварцевые диориты, дайки диабазов. 11 – Раннепалеозойские интрузии. Комплекс гранит-гранодиоритовый. Вторая фаза. Граниты. 12 – Раннепалеозойские интрузии. Первая фаза. Гранодиориты, плагиограниты, кварцевые диориты, диориты. 13 – Позднерифейские интрузии. Комплекс гранитовый. Граниты лейкократовые. 14 – Симоновкинская толща. Сланцы апопсаммитовые и апоалевритовые биотит-альбиткварцевые, биотит-кварцевые скарноиды и сланцы по терригенно-карбонатным породам (плагиоклаз-эпидот-кварцевые, актинолит-кварцевые, актинолит-кордиерит-биотитовые), аподацитовые сланцы, метавраделиты, метапесчаники, микрокварциты (более 845 м). 15 – Зейско-Селемджинский глубинный разлом. 16 – Разрывные нарушения. 17 – Урбанизированная территория. 18 – Государственная граница. 19 – Железная дорога.

Фундамент впадины сложен гранодиорит-гранитными образованиями раннего палеозоя и раннего мела. Состав осадочного чехла весьма разнообразен и включает в себя песчано-глинистые отложения мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов [56].

В регионе имеется несколько стратифицированных формаций и четвертичных отложений речных террас. Из стратифицируемых образований в пределах района распространены поярковская, завитинская, цагаянская, кивдинская, бузулинская, сазанковская, белогорская свиты.

Кроме того, метаморфические породы позднего рифея встречаются в основании Амура-Зейской впадины в пределах Благовещенского поднятия.

Интрузивные породы обнажены лишь на небольшом участке на левом берегу Амура в районе села Верхнеблаговещенское. Буровые скважины использовались для картирования этих пород под мезозойским покровом. На территории преобладают кислые интрузии позднего рифея, раннего палеозоя и раннего мела. Глубина залегания этих интрузивных пород колеблется от 145 до 230 метров [43].

1.3 Рельеф

Город Благовещенск расположен в южном районе Амура-Зейской равнины, на высокой пойме и первой надпойменной аллювиальной террасе, в месте впадения реки Зея в реку Амур. Рельеф местности пологий с северо-запада на юго-восток. Высота над уровнем моря колеблется от 235 м в северо-западной части города (радиоцентр) до 116 м (затон). Общий перепад высот в черте города составляет 119 м.

В современных городских условиях природный ландшафт подвергается деградации из-за деятельности человека. В освоенных районах города искусственные ландшафты полностью изменили окружающую среду: здесь сосуществуют застроенные территории и зеленые насаждения. В целом местность в основном равнинная, с разной высотой от 116 до 235 м, сложенная

древними аллювиальными отложениями, такими как пески, супеси, суглинки и глины.

Формированию рельефа способствовали несколько факторов: близкое расположение источников эрозии (побережье морей), влажный климат и высокая плотность эрозионного расчленения. Необходимо также учитывать процессы двукратного четвертичного оледенения, образование рельефа под воздействием мерзлоты, физического выветривания, делювиального воздействия и, в частности, солифлюкцию.

1.4 Климат

Территория города располагается в умеренном климатическом поясе с резко континентальным климатом с муссонными чертами. В северной части - резко континентальный, это обуславливается большим расстоянием от водоемов и рельефом, который пропускает холодные арктические воздушные массы.

Средняя температура января по территории $-24,3^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум -45°C . Январь - самый холодный месяц. Период с отрицательными средними месячными температурами воздуха составляет 5 месяцев. Зима сухая, холодная, имеет маломощный снежный покров и большое количество солнечного сияния.

Средняя температура июля $+21,4^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум $+41^{\circ}\text{C}$. Июль - самый теплый обильными осадками; на севере территории – дождливое, теплое и с большим количеством солнечного сияния. Данные из «Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2015 год"» [24].

Среднегодовая температура воздуха 0°C - $+0,1^{\circ}\text{C}$. Амплитуда колебаний температуры составляет $60-70^{\circ}\text{C}$. Минимальные температуры колеблются от -35°C до -40°C , максимальные составляют $+30-38^{\circ}\text{C}$ [76].

Соотношение направлений господствующих ветров: северо-западное (30-54%) - особенно в осенне-зимний период; северное (18%); южное ветров (13%);

восточное - 4%; и только 60-80 дней в году стоит безветренная погода (декабрь-январе и апреле-мае) [24].

Летние розы ветров 2013 и 2019 гг. показаны на рисунках 2-3. Построение выполнено по данным метеостанции Международного аэропорта Благовещенск (Игнатьево) имени Н.Н. Муравьева-Амурского в программе «Origin» по 16 румбам с учетом скорости и повторяемости ветров (база данных предоставлена сайтом gr5.ru).

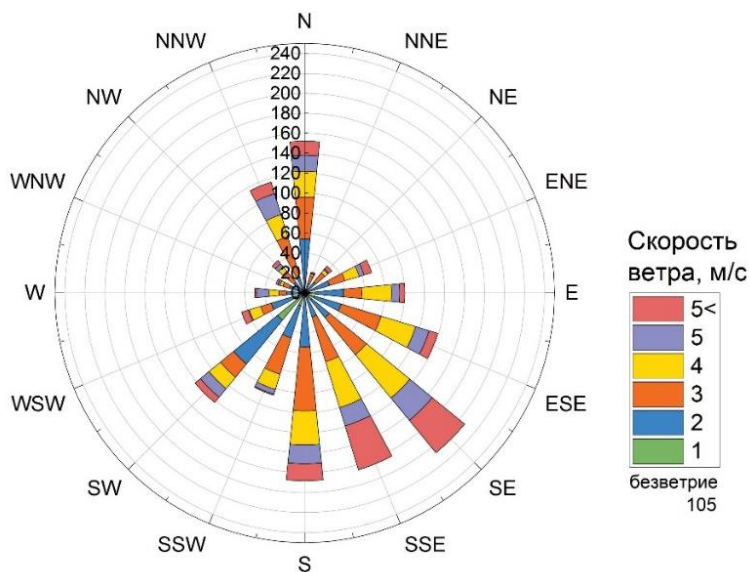


Рисунок 2 – Летняя роза ветров за 2013 год

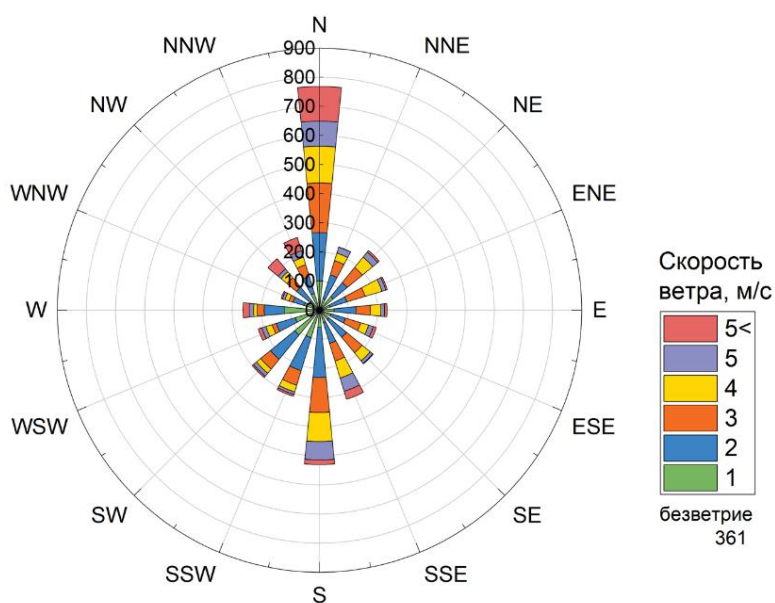


Рисунок 3 – Летняя роза ветров за 2019 год

Роза ветров позволяет по длине лучей построенного многоугольника, выявить направление господствующего ветра, со стороны которого чаще всего приходит воздушный поток в местность. В 2013 году преобладающими направлениями ветра были: южное, юго-восточное, юго-юго-восточное. В 2019 году – северное направление.

Количество осадков в городе в летний период в среднем составляет 220-260 мм, в зимний - 10-12 мм. Распределение осадков внутри года: теплый период (апрель - октябрь) 90-93% осадков, холодный - около 10%. В среднем на долю дождей приходится 50-70% годового стока, за ними следует снеговое питание - 10-20% и грунтовые воды - 10-30%.

Закономерность изменения среднегодового количества осадков: устойчивый снежный покров образуется во второй декаде ноября, его разрушение - в третьей декаде марта. Мощность снежного покрова в среднем 10-25 см. Максимальная глубина промерзания почвы наблюдается в марте-апреле и составляет 2,4-2,8 м. Многолетней мерзлоты в районе нет [76].

Характеристика климатических условий города исследований была приведена по метеостанции [98].

1.5 Поверхностные воды

Реки являются домом для множества видов рыб и содержат значительные запасы гидроэлектроэнергии. Кроме того, реки служат важными транспортными маршрутами. Среди рек Амур выделяется как одна из крупнейших. Ее бассейн охватывает более половины Дальневосточного региона. Питание Амура во многом зависит от воды летних дождей. Дождевое питание составляет около 60-70% речного стока, тогда как снеговое питание играет второстепенную роль, составляя 10-20%. Амур - судоходная река, обеспечивающая транспортное сообщение по всему Дальневосточному региону. Он также обладает значительными энергетическими ресурсами. В Амур впадают многочисленные притоки, в том числе Зея.

Зея - крупнейшая река бассейна Амура, отличается прежде всего горным характером и обильной водностью.

В долинах рек Амура и Зеи вблизи Благовещенска расположены небольшие озера: Песчаное, Ротанье и Асташинские озера.

В работе Юсупова Д. В. «Геохимия накопления металлов в донных отложениях озер Благовещенска» [82] представлено описание этих озер:

Озеро Песчаное расположено в озерно-болотной котловине с грядово-оползневым рельефом в одноименном урочище, на правом берегу нижнего течения реки Зея, примерно в 20 км к северо-востоку от центральной части города. Озеро занимает площадь 850 м², имеет среднюю глубину 2,5 м и максимальную глубину 5,9 м. В нем содержится около 2,1 тыс. м³ воды, которая в основном поступает из подземных и дождевых вод [82].

Озеро Ротанье расположено в Верхне-Благовещенском районе, в центральной части второй надпойменной террасы реки Амур. Имеет сложную береговую линию с многочисленными заливами. Уровень воды в озере колеблется не более чем на 0,3 м, средняя высота 129,7 м. Озеро относительно мелкое, средняя глубина 0,86 м, максимальная глубина 1,9 м. Оно занимает площадь 256 тыс. м², объем воды 220 тыс. м³. Осадки и грунтовые воды являются основными источниками воды для этого озера [82].

Асташинские озера расположены в пределах северо-западного промышленного узла, примерно в 0,5-1,5 км от Благовещенской ТЭЦ, в зоне выбросов загрязняющих веществ. Эти озера занимают общую площадь около 10 гектаров. Средняя глубина озер колеблется от 1 до 2 м, максимальная глубина - 3 м. Они получают воду из атмосферных осадков и источников подземных вод. Органические донные отложения могут достигать мощности до 0,5 м, песчаные участки встречаются редко [82].

1.6 Почвы и почвообразующие процессы

Благовещенск расположен на территории с хорошо развитыми среднемошными темноцветными луговыми и пойменными почвами. Мощность

гумусового слоя составляет 10-12 см, содержание гумуса от 5 до 8,5%. Преобладающим обменным основанием в почве является кальций с заметным присутствием магния и небольшим количеством поглощенного натрия. Глина является основным компонентом механического состава.

Почвенный покров городских территорий формируется в результате активной деятельности человека, в результате чего возникают существенные различия между городскими почвами и природными почвами. В городах городские почвы формируются за счет соединения и загрязнения почв неорганическими строительными материалами, бытовыми и промышленными отходами [60].

В разных частях территории города, включая пойменные террасы и склоны междуречья, сформировались различные типы почв. На участках надпойменных террас, вышедших из пойменного режима, сформировались буроземы типичные и темные, на междуречных склонах разных экспозиций и крутизны – буроземы типичные и смытые. На ровных участках высокой поймы развиваются аллювиальные почвы: луговые суглинистые, серогумусовые, слоистые, перегнойно- глеевые, а в пониженных местах – пойменные болотные почвы [12].

Это естественные почвы на территории города. Но за время урбанизации они были сильно видоизменены деятельностью человека. Всевозможные земляные работы (траншеи, котлованы, подсыпка грунта и пр.) во многих местах перемешали почвы с материнской породой, а порой просто ее захоронили. Завезенный грунт попадает на несвойственную данной почве материнскую породу или на строительный мусор, тем самым нарушается естественный процесс почвообразования [42].

В работе «Методические рекомендации по определению степени загрязнения городских почв и грунтов и проведению инвентаризации территорий, требующих рекультивации» [49] сказано, что «антропогенно-глубоко преобразованные почвы образуют группу собственно городских почв -

урбаноземов, в которых урбиковый горизонт имеет мощность более 50 см и формируются на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах. Урбаноземы подразделяются на урбаноземы (собственно), характеризующиеся отсутствием генетических горизонтов до глубины 50 см и более, с почвенным профилем, состоящим из серии диагностических горизонтов урбик U1, U2 и т.д., могущих подстилаться непроницаемым материалом (асфальтом, фундаментом, бетонными плитами, коммуникациями); агроурбаноземы (культуроземы), характеризующиеся большой мощностью гумусового горизонта и наличием перегнойно-торфокомпостных слоев разной мощности; и индустриоземы (поллютоземы, хеMODEГРАЗЕМЫ), которые являются почвами промышленно-коммунальных зон, с уплотненной структурой, с включением токсичного непочвенного материала объемом более 20% и сильно загрязненные техногенными химическими элементами и другими токсичными веществами вплоть до уровня чрезвычайно опасных по принятым нормативам, что изменяет почвенно-поглощающий комплекс почв, предельно сокращает биоразнообразие почвенной биоты и часто делает почву абиотичной» [49].

1.7 Растительный покров

Растительность города довольно разнообразна для такой небольшой территории города. Флора древесных растений города включает 138 видов, в том числе 80 аборигенных (культурных), 35 адвентивных и 23 условно интродуцированных вида. Самый крупный род древесных растений, произрастающий в городе, - *Salix* (ива), второе и третье место занимают роды *Populus* (тополь) и *Spiraea* (спирея, или таволга) соответственно [76].

Значимый род, встречающийся в аборигенной дендрофлоре Благовещенска, является тополь [76]. Эта порода деревьев служит основой практически всех зеленых элементов [55]. Именно поэтому мы решили сосредоточить свои исследования на тополе бальзамическом (*Populus*

balsamifera L.), который считается доминирующим видом аборигенной дендрофлоры Благовещенска [76].

Populus balsamifera L. - крупное дерево, которое может достигать высоты до 35 метров и иметь диаметр от 1 метра до 4-5 метров. У него широкая, раскидистая, яйцевидная крона. Имеет прямой полндревесный ствол. Кора старых деревьев темно-серая и растрескавшаяся, а кора наверху гладкая и серая. Побеги вначале слегка угловатые, затем становятся цилиндрическими и коричневыми. Листья тополя яйцевидные или эллиптические, размером примерно 12 на 7 сантиметров. Они блестящие, темно-зеленые с верхней стороны и беловатые с нижней. Края листьев мелкопильчато-зубчатые, прикреплены к длинным голым черешкам [6].

Во время распускания молодых листьев тополя, вырабатывается большое содержание клейкой смолы. Листовая система этого дерева выполняет важную функцию воздушного фильтра, способного эффективно улавливать и задерживать большое количество загрязняющих веществ. Это объясняет почему листья тополя активно используются сегодня для биоиндикации [8, 36, 69, 77, 85].

В данной главе были представлены основные характеристики города Благовещенска, его географическое положение и природные особенности, геологическое строение территории города, основные климатические характеристики; были рассмотрены реки и озера, играющие важную роль в природной среде города Благовещенска, особенности почвенного и растительного покровов.

Благовещенск основан на юге Дальнего Востока России, в месте слияния рек Амура и Зеи, является административным центром Амурской области и единственным городом России, расположенным на границе. Его природный ландшафт формируется под воздействием рек и растительных сообществ, характерных для неморальной лесной зоны.

Город расположен на юго-западной окраине Нижне-Зейской впадины, с осадочным чехлом, включающим песчано-глинистые отложения разного возраста. Рельеф пологий с высотой над уровнем моря от 235 до 116 метров.

Климат города резко континентальный с муссонными чертами, с суровыми зимами и теплыми летами. Количество осадков варьирует от 10 до 260 мм в зависимости от сезона.

Реки играют важную роль в городской природной среде, предоставляя дом для многочисленных видов рыб, источники гидроэнергии и транспортные маршруты. Река Амур является судоходной и обеспечивает транспортное сообщение по всему Дальневосточному региону, а также обладает значительными энергетическими ресурсами. Река Зeya выделяется своим горным характером и обильной водностью. В долинах рек Амур и Зеи вблизи города расположены небольшие озера: Песчаное, Ротанье и Асташинские озера.

Почвы города разнообразны, от среднемоощных темноцветных луговых до пойменных. Городские почвы подверглись изменениям из-за деятельности человека, включая застройку и загрязнение. Выделяются различные типы почв: буроземы, аллювиальные почвы, пойменные болотные почвы и др.

Флора города включает 138 видов древесных растений. В рамках данного исследования был выбран тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), который считается доминирующим видом аборигенной дендрофлоры города.

2 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ МИГРАЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

2.1 Планировочная структура и функциональное зонирование города

В городе отмечается развитая планировочная, социальная и инженерная инфраструктура, занимающая примерно 58 км² территории. Экологическое состояние окружающей среды подвержено воздействию как естественных климатических факторов, так и техногенных процессов, последние играют определяющую роль в дисбалансе экологической системы. Основной вклад в техногенную нагрузку на окружающую среду города вносят энергетические структуры, жилищно-коммунальные предприятия, промышленные объекты и автотранспорт [97].

Города Дальнего Востока, хотя и характеризуются незначительным промышленным потенциалом из-за ограниченной производственной мощности и небольшого числа предприятий, тем не менее часто входят в число наиболее загрязненных городов согласно различным показателям [61].

К числу крупнейших промышленных объектов города относятся ТЭЦ, завод "Амурский металлист", опытно-промышленный завод, золоотвал, котельные коммунального хозяйства, полигон твердых бытовых отходов, а также предприятия пищевой промышленности. В городе также имеются железнодорожная станция, речной порт и международный аэропорт, который находится примерно в двадцати километрах к северо-западу от Благовещенска.

На рисунке 4 приведена карта-схема города Благовещенска с элементами градостроительного зонирования. В планировке города крайне нерационально расположены относительно друг друга территории селитебного и промышленного функционального назначения. Центральные селитебные районы города с разноэтажной застройкой расположены с подветренной стороны от северо-западного промышленного узла, выбросов ТЭЦ. В ядре

урбанизированной части города продолжают существовать селитебные кварталы с приусадебной застройкой и печным отоплением.

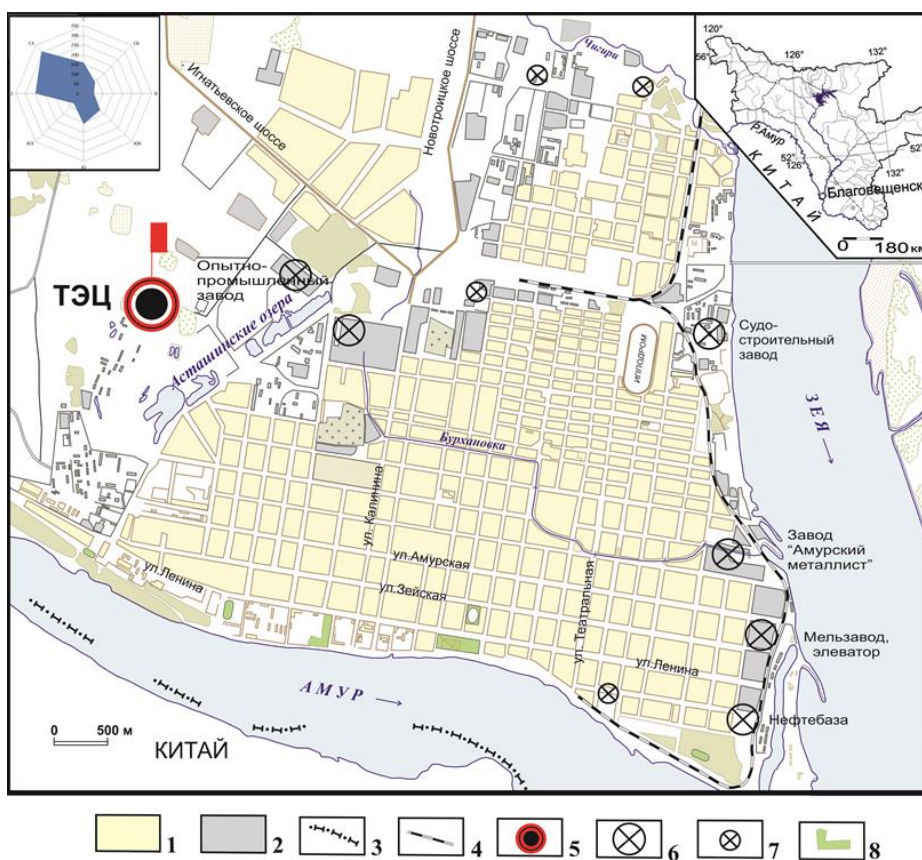


Рисунок 4 - Карта-схема г. Благовещенска с элементами градостроительного зонирования: 1 – жилые и общественно-деловые зоны, 2 – производственные зоны, 3 – Государственная граница России с Китаем, 4 – железная дорога, 5 – Благовещенска ТЭЦ, 6 – заводы и производственные базы, 7 –котельные, 8 – территория парков и скверов. Врезка – роза ветров.

2.2 Промышленная инфраструктура и крупные предприятия

Экологическое состояние территорий Амурской области на фоне большинства других регионов Российской Федерации в целом удовлетворительное, но имеются отдельные участки с повышенной остротой экологической ситуации. Существенно то, что большинство экосистем 8 территории области относятся к категории повышено уязвимых, для которых даже относительно небольшая антропогенная нагрузка может привести к необратимым изменениям их естественных качеств. Но значительная часть природных ресурсов области пока не вовлечена в промышленное освоение и

может рассматриваться как резервный потенциал для будущих поколений жителей области и всей России [31]. “Удовлетворительное” состояние прослеживается в государственных докладах «Об охране окружающей среды и экологической ситуации» с 2013 по 2022 года.

Промышленные объекты, такие как: эксплуатируемая ТЭЦ, работающая на буром угле, золоотвал, места захоронения твердых бытовых отходов (полигон ТБО), котельные системы коммунального хозяйства, производственные площадки завода "Амурский металлист", судостроительного завода, мельзавода, пилотно-промышленных предприятий, а также системы железнодорожного и автомобильного транспорта, являются основными потенциальными источниками загрязнения атмосферного воздуха, почв, растительного покрова, поверхностных и подземных вод в данном городе.

Неблагоприятные метеорологические условия, такие как слабые скорости ветра и повышенная частота приземных инверсий, характерные для данного региона (особенно в холодный период), сопровождаются высокой антропогенной нагрузкой на атмосферу. В конце 1990-х годов уровень пылевого загрязнения воздуха в городе Благовещенске из-за выбросов тепловой электростанции был существенно выше, составляя от 700 до 2800 кг/км²·сут. За двадцать лет, с 1991 по 2012 год, наблюдалось значительное снижение выбросов твердых частиц в атмосферу города, в основном благодаря модернизации систем очистки выбросов тепловых электростанций, несмотря на увеличение объема сжигаемого угля [98].

В 2010 году город Благовещенск был включен в список городов РФ с высоким содержанием бензпирена в атмосферном воздухе [19]. Бензпирен (БП) - ароматическое соединение, семейства полициклических углеводородов, обладающее чрезвычайной токсичностью. По степени воздействия на организм относится к I классу опасности. Основными источниками потребляемого человеком, являются: окружающий воздух, табачный дым, отопление (сжигание древесины, угля или других биомасс), автомобильный транспорт,

асфальт, каменноугольные смолы. При проживании вблизи с источником может достигаться употребление до 1 мкг бензапирена в сутки. В клетках печени бензапирен преобразуется в дигидроксиэпоксид - опасный канцероген. Таким образом этот опаснейший канцероген, взаимодействует с компонентами генома клетки, вызывая необратимые изменения, онкологические заболевания и генетические проблемы у будущих поколений.

В Государственных докладах "О состоянии окружающей среды в Амурской области" отражается среднегодовое содержание БП в 2013 году составляет 3,7 ПДК (в 2012 г.-2,4 ПДК). Впервые за многолетний период наблюдений зафиксированы 2 случая высокого загрязнения, достигающие уровня 10,3 ПДК (в январе и декабре). В 2019 году среднегодовое содержание 1,6 ПДК. Максимальное из среднемесячных значений составило 7,1 ПДК в декабре. Наиболее высокое содержание БП в атмосферном воздухе отмечается в зимний период. В 2022 году - 0,9 ПДК (в 2021 г – 2,3 ПДК). Максимальное из среднемесячных значений составило 3,6 ПДК в феврале (в 2021 г –6,8 ПДК в январе) [22, 23, 28, 29, 31].

Используя данные из государственных докладов, была построена диаграмма динамики загрязнения бензипиреном за 2010-2022 года, представленная на рисунке 5.

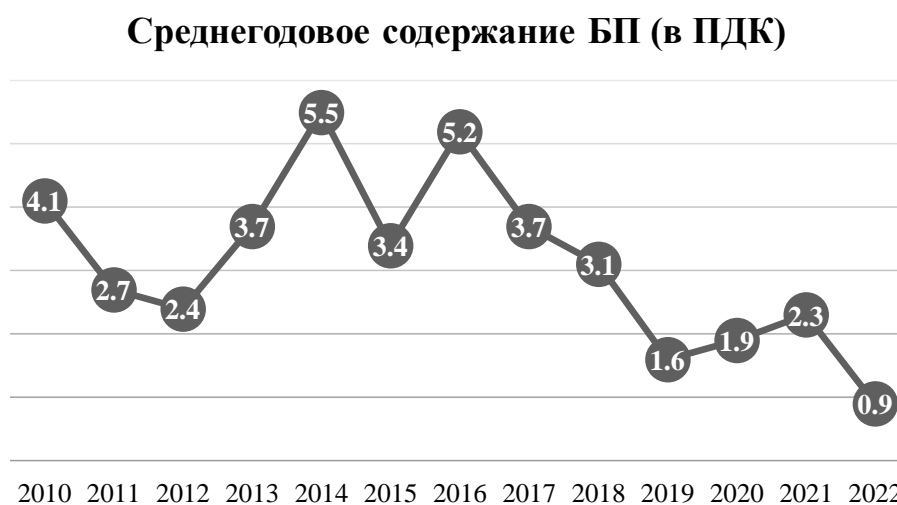


Рисунок 5 – Среднегодовое содержание бензипирена с 2010 по 2022 гг. [19 - 31]

В период 1990-1993 годов Благовещенской поисково-съёмочной экспедицией, организованной под руководством А.К. Шадрина, были собраны первоначальные исчерпывающие данные об экологическом состоянии территории города Благовещенска и его прилегающей зоны [95, 96]. Выполнена комплексная оценка загрязнения приземного воздуха, почвы тяжёлыми металлами, а также проведена предварительная оценка уровня радиоактивного загрязнения города Благовещенска и прилегающих территорий.

В рамках исследований была оценена пылевая нагрузка и определены содержания 46 химических элементов в твёрдом осадке снега, снеговой воде и почве, а также концентрации шести пестицидов в снеговой воде. Выводы исследования указывают на неблагоприятное состояние приземной атмосферы в зимний период, неудовлетворительную радиационную обстановку, при этом состояние почвенного покрова в городе Благовещенске оценивается как удовлетворительное [95].

Эта же экспедиция в 1993 году осуществила эколого-гидро-лито-геохимическую съёмку города Благовещенска в масштабе 1:25 000. В результате съёмки выявили, что водотоки города заражены различными химическими элементами, превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по ряду элементам в воде наблюдается в диапазоне от 1,5 до 220 раз. Донные отложения характеризуются суммарным уровнем загрязнения, варьирующим от 16 до 200 единиц (от умеренного до чрезвычайно опасного) [96]. В результате река Бурхановка - наиболее загрязнённый водный объект в пределах городской территории, в пригородной зоне - река Чигири. Река Зея в городской черте наиболее чистая. Указывается на природный (геологический) источник элементов: Mn, Fe, Ba, Be, Ti, Mo. Техногенное загрязнение: P, Zn, As, Pb, Ag, Hg, фенолы. Основными источниками загрязнения выступают золоотвал ТЭЦ, полигон твёрдых бытовых отходов, завод "Амурский металлист", завод "Амурэлектроприбор", ремонтный завод, ремонтно-

эксплуатационная база, железнодорожный транспорт, Чигиринский совхоз и другие [95].

2.3 Транспортная инфраструктура

Вклад автотранспорта в 2013 году в суммарный выброс составляет 23 %.

Концентрации диоксида серы – среднегодовое и максимальное из разовых содержание ниже 1 ПДК.

Концентрации диоксида азота - среднегодовая концентрация возросла по сравнению с 2012 г. и составляет 1,6 ПДК (в 2012 г. - 1,4 ПДК), максимальная менее 1 ПДК.

Концентрации взвешенных веществ - среднегодовая и максимальная разовая концентрации не превышают 1,0 ПДК.

Концентрации оксида углерода - среднегодовое содержание не превышает 1 ПДК. Максимальная концентрация находится на уровне 1 ПДК.

Концентрации специфических примесей - наибольшее загрязнение отмечается по формальдегиду, среднегодовое содержание составляет 2,4 ПДК. Максимальная концентрация ниже 1 ПДК. Фенолом, аммиаком, сероводородом и тяжелыми металлами загрязнение незначительное [22].

Вклад автотранспорта в 2019 году в суммарный выброс составляет 26 %.

Концентрации диоксида серы - среднегодовое и максимальное из разовых содержание ниже 1,0 ПДК.

Концентрации диоксида азота - среднегодовая концентрация достигла уровня 1,5 ПДК, максимальная из разовых величина не превысила норму.

Концентрации взвешенных веществ - средняя и наибольшая за год величины не превышают 1,0 ПДК.

Концентрации оксида углерода - среднее за год и максимальное из разовых значения не превышают 1,0 ПДК.

Концентрации специфических примесей - среднегодовое и максимальное из разовых содержание специфических примесей: сероводорода, фенола,

аммиака, а также тяжелых металлов не превышает норму. Среднее за год значение формальдегида составляет 1,2 ПДК.

Уровень загрязнения воздуха: повышенный.

Тенденция за период 2015 – 2019 гг. За пятилетний период отмечено увеличение среднегодовых концентраций формальдегида. Тенденция за период 2010 – 2019 гг. Наблюдается рост концентраций диоксида серы, диоксида азота, формальдегида [28].

Состояние атмосферного воздуха в городе существенно подвержено воздействию естественной запыленности, зависящей от состояния дорожного покрытия, проездов и территорий дворов. В период теплых месяцев возможно поступление поллютантов как природного, так и техногенного происхождения за счет трансграничного переноса; весной с юго-запада циклоны периодически приносят мелкодисперсный пылеватый песок с монгольских степей [98].

Шум от автотранспорта занимает лидирующее положение среди основных источников шума в городской среде. В основном шум создают транспортные средства: автомобили и железнодорожные поезда; а также промышленный шум возникает от заводских площадок и трансформаторных подстанций.

2.4 Загрязнение природных компонентов

Воздействие на атмосферный воздух. В Благовещенске функционируют 57 промышленных предприятий, выбрасывающих в атмосферу различные загрязняющие компоненты [48]. Загрязнения от промышленных объектов локальное, тогда как выбросы, образующиеся при, к примеру, при сжигании топлива, распространяются на более широкие области [33]. В период 2011-2015 годов отмечается увеличение среднегодовых концентраций взвешенных частиц и аммиака.

Благовещенская ТЭЦ сжигает 1200000 тонн угля и 720 тонн мазута (М-100) в год. Проектное топливо ТЭЦ - бурый уголь Райчихинского месторождения, фактически используются бурые угли Ерковецкого и

Переясловского месторождений. В основном используется бурый уголь Ерковецкого месторождения, в его отожженной золе содержание Ni, Co, Cr, Zn в 1,5–3,5 раза выше кларковых величин осадочных пород [65]. Таблице 1 приведена характеристика углей, используемых на Благовещенской ТЭЦ

Таблица 1 – Качество проектного топлива (углей) ТЭЦ [99]

Параметры качества	Месторождение		
	Ерковецкое	Райчихинское	Переясловское
Влажность	35-37%	33-42%	39%
Зольность товарная	17.0-17.9%	9.4%	11-18.5%
Выход летучих	43-45%	37-47%	42.5-44%
Содержание серы	0.28-0.41%	0.14-0.34%	0.3-0.4%
Теплота сгорания высшая	6200-6400 ккал/кг	5700-6400 ккал/кг	4170-4500 ккал/кг
Теплота сгорания низшая	2955-3100 ккал/кг	3480 ккал/кг	3250-3300 ккал/кг

Установки, работающие на угле, сопровождаются значительными выбросами пыли. Даже с эффективным оборудованием для улавливания пыли, электростанция выбрасывает в атмосферу до 12 тысяч тонн мелких частиц [71].

Расположение предприятия за границами городской застройки возможно и минимизировало влияние ТЭЦ на окружающую среду, но всё же её выбросы в значительной мере направлены на жилые районы (в соответствии с преобладающими направлениями ветра), что существенно влияет на экологическую обстановку в городе.

Кроме того, в городе находится много мелких котельных, которые вносят существенный вклад в загрязнение его воздушного бассейна [13, 63].

Трансграничный перенос оказывает дополнительное поступление поллютантов как природного, так и техногенного происхождения. Быстрое промышленное и сельскохозяйственное развитие северных районов Китая увеличило антропогенную нагрузку на воздушный бассейн Амурской области [34]. Китай является одним из стремительно развивающихся экономических стран с неблагоприятной экологической ситуацией. В основном развитие проявляется в основном в энергетическом секторе, где доминирует

использование угля, а также в производстве сельскохозяйственных товаров, где используются высокие дозы минеральных удобрений и пестицидов. Трансграничный перенос загрязняющих веществ оказывает влияние на большую часть густонаселенной территории Амурской области [41, 53, 54].

Пыльные бури из Монголии и Китая содержат вредные частицы РМ 2,5 в воздухе, превышающие допустимые нормы в несколько раз. Например, концентрация частиц РМ 2,5 составляет 500 мкг/м³, что значительно превышает рекомендуемое значение Всемирной организации здравоохранения в 25 мкг/м³ [100].

Рельеф города и его окружающей местности оказывает существенное воздействие на экологическую обстановку. Город расположен в низменности между холмами, что способствует задержке выбросов от котельных и тепловых электростанций в воздухе и постепенному осаждению их на поверхности почвы. Также географическое положение города в месте слияния двух крупных рек формирует специфическую термодинамическую модель воздушных потоков, определяющую образование ореолов рассеяния загрязняющих веществ непосредственно над городом [44].

Значительное воздействие на атмосферный воздух оказывает естественная запыленность, которая зависит от состояния дворовых территорий и дорожной инфраструктуры.

Воздействие на поверхностные и подземные воды. В городе обширные водные ресурсы, но качество питьевой воды не соответствует нормативам из-за недостаточной эффективности системы очистки воды, включая как подземные источники, так и поверхностные водоемы, такие как река Амур [58]. Кроме того, качество воды ухудшается в процессе транспортировки через изношенную водопроводную систему.

Реки Амур и Зея относятся к высшей категории рыбохозяйственного значения, поэтому качество сточных вод должно соответствовать нормативно чистые. В настоящее время уровень очистки сточных вод на очистных

сооружениях канализации не соответствует даже временно согласованным сбросам, кроме того, в п. Моховая падь и п. Аэропорт сброс сточных вод осуществляется без очистки [97].

В окрестностях Благовещенска воды рек Амура и Зеи соответствуют III классу качества (умеренно загрязненные), в определенные периоды качество воды снижается до IV класса (загрязненные). Это снижение обусловлено гидрометеорологическими условиями, поскольку антропогенная активность, особенно в части сброса сточных вод, остается относительно стабильной в районе городов Благовещенска и Хэйхэ (КНР) [51].

В работе Шадрин А. К. «Отчет о результатах геоэкологических исследований в г. Благовещенске Амурской области в 1990-91 гг.» [95] отмечено, что «река Бурхановка выделяется как наиболее загрязненный водный объект в пределах городской территории, в пригородной зоне - река Чигири. Река Зея в городской черте наиболее чистая. Указывается на природный (геологический) источник таких элементов, как марганец, железо, барий, бериллий, титан, молибден. Техногенное загрязнение связано с фосфором, аммонием, цинком, мышьяком, свинцом, серебром, ртутью, фенолами, а также в меньшей степени с медью, оловом, хромом, ванадием, ниобием, цирконием, стронцием. Основными источниками загрязнения выступают золоотвал ТЭЦ, полигон твердых бытовых отходов, завод "Амурский металлист", завод "Амурэлектроприбор", ремонтный завод, ремонтно-эксплуатационная база, железнодорожный транспорт, Чигиринский совхоз и другие» [95]. Большая часть загрязненных сточных вод поступает от ОАО «Амурские коммунальные системы».

Донные отложения в нижнем, среднем и верхнем течениях реки Амура обладают более высокой концентрацией токсичных металлов, чем поверхностные воды, хотя последние также содержат их, но в меньших количествах [66, 82].

Большинство действующих очистных сооружений в регионе функционируют в ненормативном режиме. Причины данного явления включают в себя технический износ оборудования, неадекватную мощность сооружений, несоответствие типов очистных систем и категорий сточных вод, а также нарушение технологических процессов и норм эксплуатации в связи с финансовыми проблемами предприятий и частой сменой арендаторов, управляющих этими сооружениями [97]. В настоящее время только очистные сооружения, введенные в эксплуатацию на нефтеперекачивающих станциях нефтепроводной системы "ВСТО" в последние годы, и сооружения механической очистки, принадлежащие золотодобывающим предприятиям, функционируют в соответствии с установленными нормами.

Проводились исследования общегородских стоков, в результате которых выявили незначительное загрязнение сточных вод яйцами токсокар, аскаридами и возбудителями кишечных инфекций [73].

В летний сезон существует вероятность переноса выбросов от предприятий теплоэнергетики и строительных материалов с территории китайской провинции Хэйлунцзян, расположенной на юге и юго-востоке. Значительное влияние на перераспределение и трансграничный перенос загрязняющих веществ оказывают крупные реки Амур и Зея, создавая условия для локальных конвекционных движений воздушных масс [97].

Загрязнение и захламление земель города промышленными отходами, которые, помимо местного свалочного полигона, также вывозятся на другие территории, где образуются несанкционированные свалки на многие годы, оказывает отрицательное воздействие на их состояние. Городская свалка и нелегальные свалки твердых бытовых отходов, возникающие вблизи садоводческих участков, загрязняют поверхностные и подземные воды, создавая антисанитарные условия в окружающей среде [97].

Воздействие на почвенный слой. Исследования, проведенные на территории Благовещенска, указывают на то, что почвы в зонах селитебно-

транспортной и рекреационной зонах, находятся в пределах допустимых и умеренно опасных уровней загрязнения, соответствующих экологическим стандартам. Однако почвы в промышленных районах отличаются высокими и опасными уровнями загрязнения, что делает их объектом экологического риска, причем наблюдается вероятность деградации в отдельных точках [80].

Преимущественно почвы подвергаются загрязнению через атмосферный воздух, когда токсиканты осаждаются в виде паров, пыли, аэрозолей или растворенных соединений с осадками [11].

Воздействие антропогенных факторов приводит к дифференциации почвенного профиля по кислотности, содержанию органического вещества и микроэлементному составу. В условиях города формируется микроэлементный состав почв, который характеризуется накоплением микроэлементов в поверхностном слое. Это указывает на значительное воздействие антропогенных факторов на формирование микроэлементного состава почв в городских условиях. Нейтральная и слабощелочная среда, а также высокое содержание гумуса в верхних слоях почвы способствуют удержанию тяжелых металлов, поступающих с техногенными источниками [60].

В почвах с высоким содержанием органического вещества и в условиях близкой к нейтральному уровню реакции среды преобладают нерастворимые селениты железа, селениды, сульфиды селена и растворимые селениты щелочных металлов. Также наблюдается высокая доля потенциально-подвижных форм Se и U [83].

Основными источниками загрязнения почвенного покрова в городе Благовещенске являются автотранспорт и предприятия топливно-энергетического комплекса [45].

С 1963 года в Амурской области широко применялись ртутьсодержащие препараты - их использовали для обработки зерновых культур. За 36 лет было внесено в почву пахотных угодий общим количеством 160 тонн ртути. Применяемые препараты для обработки семян, обладают высокой летучестью,

что может привести к загрязнению ртутью не только участков и складов, где проводилась обработка семян, но и самой почвы. Ртуть, накопившаяся в почве, может переходить в растения [70].

Согласно исследованиям, ртуть образует устойчивые и малоподвижные комплексы с гуминовыми кислотами, что приводит к ее фиксации почвой. Период полураспада ртути в почве составляет 250 лет [9].

Загрязнение ртутью возникает не только из-за использования ртутьсодержащих пестицидов, но также из-за воздействия процессов золотодобычи, при которых используется металлическая ртуть для амальгамации. Эмиссия ртути на территории Амурской области оценивается в 15 тонн в год, причем около 5 тонн ртути выделяется при сжигании углей в процессе амальгамации [33].

Значительное внимание уделяется уровню озелененности застройки, который представляет собой долю озелененных участков в общей площади застройки. Этот показатель имеет важное значение для определения санитарно-гигиенического состояния города. Рекомендуемый минимальный уровень озелененности составляет не менее 40%. Общая площадь озелененных территорий города приближается к нормативам по площади города, однако остается недостаточно большой в пределах застройки [97].

С 1981 по 2005 год обеспеченность населения озелененными территориями общего пользования постепенно сокращается и составляет всего 1,9 квадратных метра на человека вместо установленных стандартом СанПиП 2.07.01-89 не менее 16 квадратных метров на человека для населения города Благовещенска [97].

Воздействие на растительность. Проведенные ранее исследования показали, что листья тополей накапливают специфические химические элементы, включая радиоактивные элементы, вызванные антропогенными факторами, такими как выбросы предприятий различных промышленных предприятий [2, 7, 68, 85].

Содержание урана и тория в растениях наблюдается в юго-восточной части города вдоль реки Амур, где проводятся работы по берегоукреплению, реконструкции и благоустройству набережной в течение нескольких лет; а также в северо-западной промышленной зоне, где находятся тепловые электростанции и заводы по переработке золотосодержащих и железосодержащих руд. Это говорит о значительном влиянии антропогенных факторов на распределение урана и тория, в том числе на промышленной зоне ТЭЦ Благовещенска [4].

Также большую роль играет естественный фактор, такой как ветровой перенос минеральных частиц (монацита, циркона) с песчаных отмелей рек [84].

Повышенные концентрации определенных редких и редкоземельных элементов также обусловлены переносом материала горных пород ветром, присутствующим на данной территории. В рамках исследования было установлено, что в тополево-пухотом воздухе отмечается относительно высокая концентрация микроорганизмов, которые могут быть связаны с возникновением аллергических реакций у местных жителей. Анализ состава бактериального комплекса, выделенного из пуха, выявил наличие родов *Bacillus*, *Micrococcus* и *Flavobacterium*. Важно отметить, что в образцах тополиного пуха не было обнаружено патогенных форм бактерий. Также в пухе наблюдается повышенное содержание таких металлов, как кадмий, медь и цинк [44].

Накопленная в почве ртуть имеет способность мигрировать в растения. Научные исследования свидетельствуют о присутствии ртути в растительности в районе опытно-промышленного завода, специализирующегося на обработке золотосодержащей руды, содержащей сульфидные минералы, которые, в свою очередь, могут содержать ртуть в качестве примеси [81], а также на территории северной части города и пригородной зоны, где расположены крупные тепличные хозяйства (СХПК «Тепличный»).

Воздействие на радиационную обстановку. В 1990-1991 годах экологическим отрядом было проведено геоэкологическое исследование по оценке степени загрязнения территории г. Благовещенск Амурской области [95]. При анализе результатов аэрогамма-спектрометрической съемки с использованием наземного подтверждения было обнаружено 17 аномалий (с превышением мощности экспозиционной дозы – МЭД – гамма-излучения 5 и более мкР/час над местным фоном) и 3 аномальные точки (с превышением МЭД гамма-излучения над местным фоном от 3 до 5 мкР/ч). Две из этих точек были зарегистрированы в городе Завитинске (в результате наземной проверки они не показали отклонений). Задачей наземной проверки было выявление природы этих аномалий и определение зон радиоактивного загрязнения. Всего было проведено подтверждение 14 аномальных участков и 3 аномальных точек.

Источниками радиоактивности на данной территории являются как естественно-геологические формации, так и использование строительных материалов.

В 2013 году ООО "Ингеотех" – город Томск, провело исследования в городе Благовещенске, направленные на изучение современного состояния различных компонентов окружающей среды. Исследования включали анализ почв, донных осадков, водных ресурсов, атмосферы и биосферы, а также оценку воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

В рамках полевых работ было собрано 13 проб приземной атмосферы, 15 проб поверхностных вод, 13 проб донных отложений, 2 пробы подземных вод из водозаборной скважины и ключа, 22 пробы почвы и грунта, 16 проб растительности. Исследование биосферы включало отбор проб и изучение гидробионтов (на 7 участках), геоботаническое описание и изучение педобионтов (на 8 участках).

На основе полученных данных, была подготовлена "Программа работ по мониторингу состояния окружающей среды на Благовещенском лицензионном участке на 2014-2015 годы" [94].

2.5 Экологически обусловленная заболеваемость населения

Минеральный обмен представляет собой один из основных механизмов, определяющих состояние здоровья человека. При нормальном функционировании организма поддерживается постоянный состав микроэлементов, что обеспечивается с помощью разнообразных ферментов и гормонов [35]. Избыток или недостаток микроэлементов оказывает негативное воздействие на организм человека.

На территории Амурской области были проведены исследования продуктов (мясо, молоко, хлеб и т.д.), животных, растительности и т.д., в результате которых был выявлен недостаток йода. Например, в Зейско-Бурейской равнине концентрация йода составила 0,69 мкг/л, а в почвах этого региона она не превышала 5 мкг/кг. Кроме того, содержание меди в почвах Амурской области является очень низким. Исследования также показали, что содержание важных аминокислот в растительных продуктах, таких как цистеин, тирозин, метионин и триптофан, также оказалось очень низким [52].

Уровни водорастворимых соединений железа на территории Благовещенска значительно превышают нормы, что способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний и повышает риск летальных исходов. Высокое содержание свинца связано с возникновением онкологических заболеваний.

По сравнению с нормативными значениями, в городе отмечается повышенный уровень содержания в костной ткани тяжелых металлов, таких как сурьма, свинец, кадмий, хром и никель [1]. Концентрации токсичных веществ в костной ткани являются индикатором воздействия окружающей среды на организм человека и уровня его интоксикации в определенном биогеохимическом ландшафте [77].

Закономерность заболеваемости всех возрастных групп населения Амурской области следующая: первое место занимают заболевания органов

дыхания, на втором располагаются заболевания центральной нервной системы, третьем - сердечно-сосудистой системы [64].

В снежном покрове на территории ТЭЦ образуется значительное количество осадков сажи и других продуктов сгорания. Эти продукты сгорания, переносимые воздушными потоками, распространяются по центральной части города, загрязняя снег, а затем и почву после его таяния. Кроме того, продукты неполного сгорания угля содержат полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые обладают канцерогенным эффектом и негативно влияют на здоровье человека [44].

В районах разведения крупного рогатого скота применяются ртутьсодержащие пестициды, проникающие в почву. В организмах этих животных обнаружено содержание ртути; особенно высокие уровни ртути выявлены в почках, печени и легких [39].

В г. Благовещенск и его окрестностях во многих компонентах среды: в воде, в почве, в атмосфере, содержится ртуть; она отличается от других химических элементов своими уникальными эколого-токсичными и эколого-геохимическими свойствами. Содержание ртути обнаружено в крови здоровых граждан, а также у людей, страдающих хроническим панкреатитом, язвенной болезнью и бронхиальной астмой. Особенно высокие уровни ртути в крови обнаружены у пациентов с туберкулезом легких.

Механизм действия ртути основывается на блокировке активных функциональных групп белковых молекул, таких как аминные, карбоксильные и сульфгидрильные. Ртуть вытесняет микроэлементы из этих групп, образуя стойкие ртутьорганические соединения, что приводит к нарушению функции многих ферментов. При хроническом отравлении ртутью в крови происходит изменение уровня химических элементов и снижение содержания жизненно важных микроэлементов [64].

Пары ртути обладают нейротоксическими свойствами и особенно оказывают депрессивное воздействие на работу нервной системы, поскольку

ртуть может испаряться в элементарной форме, и ключевыми факторами, влияющими на этот процесс равновесия, являются температура и атмосферное давление [33].

Глава предоставляют обширную информацию об экологическом состоянии города Благовещенска и Амурской области. Основные выводы:

1. В Благовещенске техногенные процессы, включая энергетические структуры и автотранспорт, играют ключевую роль в дисбалансе экологической системы. Нерациональная планировка города усугубляет ситуацию, приводя к соседству жилых районов с промышленными объектами и ухудшению качества жизни.

2. Экологическое состояние Амурской области, хотя удовлетворительное по сравнению с другими регионами России, все же имеет отдельные участки с повышенной экологической остротой. Большинство экосистем относятся к категории повышено уязвимых.

3. Промышленные объекты, включая ТЭЦ, золоотвалы и производственные площадки, являются основными источниками загрязнения атмосферы, почв и водных ресурсов в регионе. Однако с 1990-х годов наблюдается снижение выбросов за счет модернизации систем очистки.

4. Автотранспорт играет значительную роль в выбросах в атмосферу, сопровождаемых загрязнением специфическими примесями, такими как формальдегид. Это также приводит к значительному шуму в городской среде.

5. Промышленное и сельскохозяйственное развитие северных районов Китая увеличило антропогенную нагрузку на воздушный бассейн Амурской области, оказывая значительное воздействие на экологическую обстановку в Благовещенске.

6. Качество питьевой воды в Благовещенске не соответствует нормам из-за недостаточной эффективности системы очистки воды и изношенной водопроводной системы. Водные ресурсы, включая реку Амур, также

подвергаются загрязнению из-за несоответствия уровня очистки сточных вод на очистных сооружениях канализации.

7. Большинство очистных сооружений в регионе функционируют в ненормативном режиме из-за технического износа оборудования и финансовых проблем. Промышленные предприятия, такие как ОАО "Амурские коммунальные системы", вносят значительный вклад в загрязнение водных ресурсов.

8. Исследования почв показывают высокие уровни загрязнения в промышленных районах, вызванные выбросами автотранспорта и предприятий топливно-энергетического комплекса. Применение ртутьсодержащих препаратов для обработки зерновых культур также привело к накоплению ртути в почве.

9. Растения, особенно в зонах с промышленной активностью, накапливают уран, торий и ртуть, что может привести к аллергическим реакциям у местных жителей. Анализ радиационного загрязнения показал аномалии, связанные как с естественными, так и с антропогенными факторами.

10. Исследования здоровья населения выявили недостаток йода, низкие уровни меди и аминокислот в растительных продуктах, а также высокие уровни железа, свинца, ртути и канцерогенных веществ. Это может привести к серьезным нарушениям в функционировании организма и различным заболеваниям, включая онкологические заболевания и заболевания органов дыхания.

В целом, данные выводы подчеркивают серьезные проблемы экологического состояния в Благовещенске, требующие комплексного подхода и принятия срочных мер для улучшения ситуации, и защиты здоровья населения.

3 МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Отбор и обработка биогеохимических проб

Отбор биогеохимических проб проводился в 2013 и 2019 годах.

В 2013 г. отбор проб листвы тополя бальзамического проводился в начале сентября. Опробование проведено по равномерной сети 1×1 км, отобрано 40 проб. Карта фактического материала показана на рисунке 6.

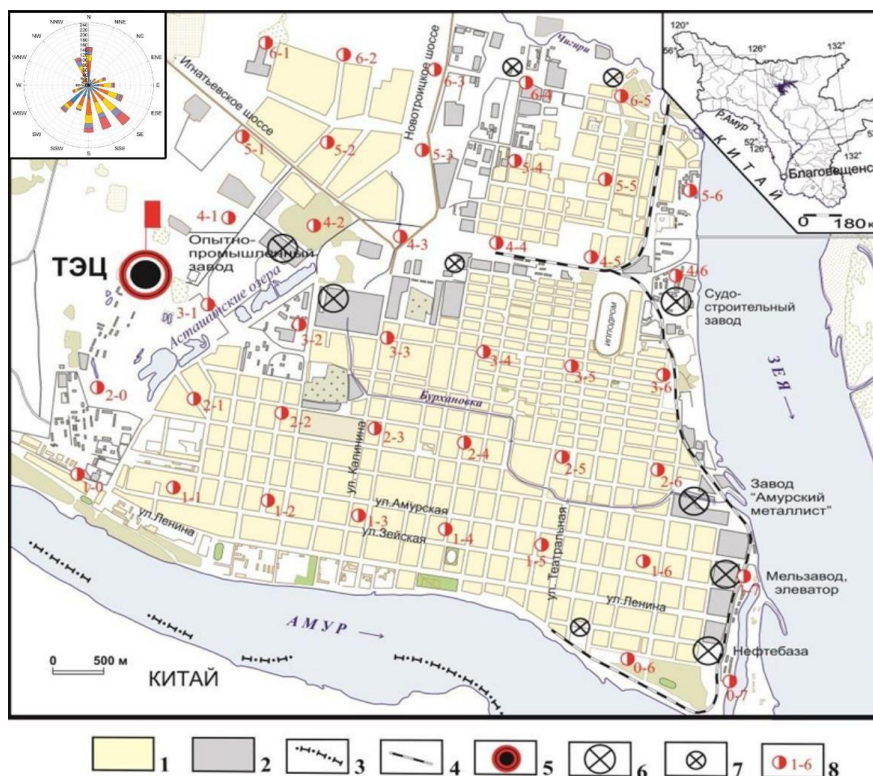


Рисунок 6 – Карта фактического материала опробования листвы тополя на территории г. Благовещенска, 2013 г: 1 – жилые и общественно-деловые зоны, 2 – производственные зоны, 3 – Государственная граница России с Китаем, 4 – железная дорога, 5 – Благовещенска ТЭЦ, 6 – заводы и производственные базы, 7 –котельные, 8 – территория парков и скверов.

Листья отбирались методом средней пробы с нижней части кроны деревьев, расположенных по окружности с внешней стороны на высоте 1,5-2 м от поверхности земли, с деревьев приблизительно одинакового возраста, и использовались для анализа без черешков. Как указано в методике отбора и

подготовки растительных проб для анализа, листовая диагностика признана эффективным методом для обнаружения загрязнения окружающей среды [37]. Для этого рекомендуется собирать молодые, но полностью сформированные листья в период максимальной физиологической активности растений.

Для упаковки проб использовались крафт пакеты «Стерит» ПС-ВЗ-1 размером 150×250 мм фирмы ВИНАР.

С целью оценки воздействия продуктов горения пиротехники на острове Большой Хэйхэ на окружающую среду территории г. Благовещенска 5 октября 2019 года нами проведена биогеохимическая съемка с отбором проб листового опада тополя (*Populus balsamifera* L.). Отбор биогеохимических проб производился по равномерной площадной сети в масштабе 1:100000 с шагом опробования 1×1 км [5]. Всего отобрано 46 проб. Карта фактического материала показана на рисунке 7.

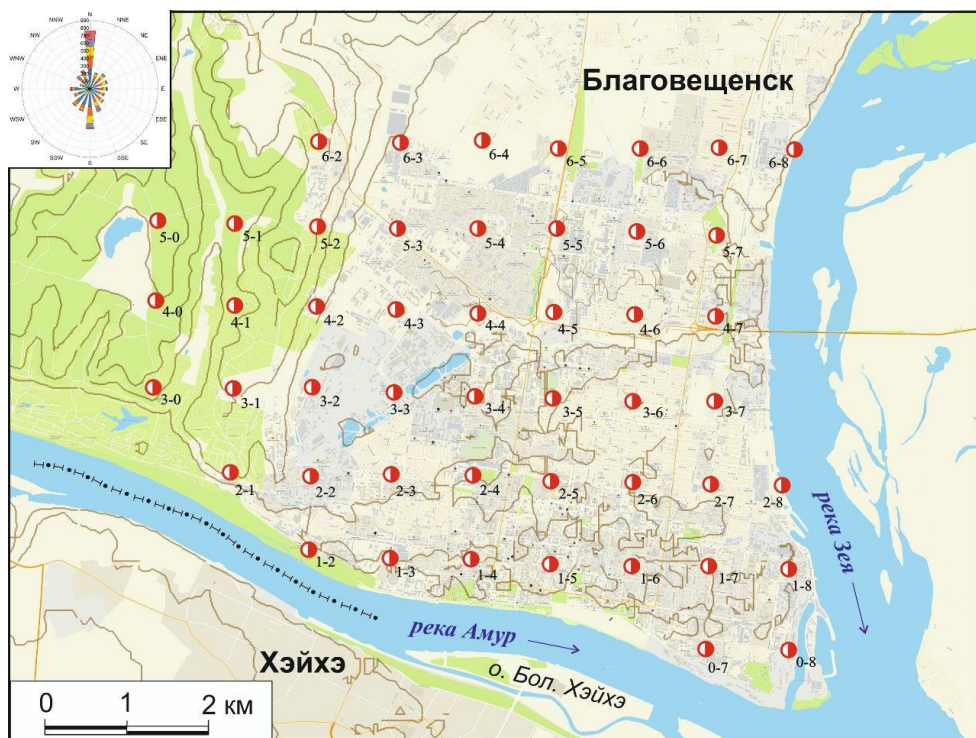


Рисунок 7 – Карта фактического материала опробования листы тополя на территории г. Благовещенска, 2019 г

Подготовка проб для рентгенофлуоресцентного спектрометра выполнялась методом прессования сухого вещества в таблетки. Она включала в

себя следующие операции: просушивание при комнатной температуре, измельчение и прессование в таблетки.

Прессование пробы осуществляется с использованием дополнительного связующего компонента – воска. Воск используется, когда проба весьма неоднородна и размер частиц пробы, нельзя свести к минимуму, т.к. это может привести к систематическим ошибкам при анализе. Прессование проводилось на полуавтоматическом прессе Herzog, показанном на рисунке 8.



Рисунок 8 - полуавтоматический пресс Herzog
На рисунке 9 готовая к анализу проба после прессования.



Рисунок 9 – прессованная таблетка на прессе Herzog

3.2 Аналитическое и метрологическое обеспечение исследований

3.2.1 Рентгенофлуоресцентный анализ

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) представляет собой метод рентгеноспектрального анализа (РСА), основанный на взаимодействии рентгеновского излучения с веществом. Интенсивность рентгеновской флуоресценции, возникающей при облучении образца рентгеновским излучением, зависит от концентрации элементов в образце и пропорциональна ей [40].

Образцы прессованных таблеток и золы подвергали рентгенофлуоресцентному анализу (РФА) на спектрометре Lab Center XRF-1800 фирмы Shimadzu (Япония) в ЦКП «Амурский центр минералого-геохимических исследований» ИГиП ДВО РАН. Спектрометр показан на рисунке 10.



Рисунок 10 – спектрометр Lab Center XRF-1800 фирмы Shimadzu

Спектрометр Lab Center XRF-1800 от компании Shimadzu оснащен рентгеновской трубкой мощностью 4 кВт с Rh-анодом и тонким бериллиевым окном. Рабочее напряжение рентгеновской трубки составляет 20-60 кВ, а ток – 5-140 мА. Прибор оснащен следующими кристалл-анализаторами: LiF (200), PET, Ge, TAP, LiF (220), SX-88, SX-98, SX-76, SX-410. Также имеются четыре

фильтра для первичного рентгеновского излучения: Al, Ti, Ni, Zr. В его конфигурацию входят три первичные щели: стандартная, с высоким разрешением и с высокой чувствительностью, а также пять типов апертур: 500 мкм, 3 мм, 10 мм, 20 мм и 30 мм. Два детектора рентгеновского излучения - проточно-пропорциональный и сцинтилляционный счетчики - обеспечивают измерения. Автоматическая подача проб на измерение осуществляется при помощи автосамплера на 8 позиций.

Прибор позволяет проводить полуколичественный и количественный анализ элементов от бериллия до урана, картирование элементов с шагом 250 мкм и локальный анализ с диаметром 0,5 мм с помощью микроколлиматоров и цифровой камеры [10]. Качественный анализ осуществляется по спектральному положению характеристических линий на основе закона Мозли; количественный анализ - по интенсивностям этих линий. Порог чувствительности метода составляет $\sim 10^{-2}$ - $10^{-4}\%$, а продолжительность, включая подготовку пробы, составляет несколько минут.

При количественном анализе фотон, попадая на детектор, преобразуется в импульс напряжения, который подсчитывается и передается на компьютер. По пикам спектра качественно определяются элементы, присутствующие в образце. Для точного количественного содержания спектр обрабатывается калибровочной программой, созданной на основе стандартных образцов с известным элементным составом. Спектр неизвестного вещества сравнивается со спектрами стандартных образцов, что позволяет определить его количественный состав.

РФА превосходит другие методы благодаря отсутствию сложной пробоподготовки с кислотным разложением, скорости и надежности одновременного определения макро- и микроэлементов. Однако метод имеет ограничения, связанные со сложностью построения градуировочных зависимостей, требующих набора стандартных образцов, соответствующих

минеральному и элементному составу анализируемых объектов. Недостаток стандартных образцов золы растений затрудняет применение метода [72].

Диапазон определяемых элементов составляет от бора до урана, содержание - от 0,0001 до 100 %. В режиме количественного анализа предел обнаружения элементов на спектрометре составляет 5 ppm.

3.3 Камеральная обработка данных

3.3.1 Статистические методы обработки данных

Анализ данных включал создание базы данных и расчет стандартных статистических параметров (среднего, минимального, максимального содержаний, медианы, стандартного отклонения, асимметрии, эксцесса, коэффициента вариации) в Microsoft Excel. Проверка гипотез о нормальном или логнормальном распределении содержаний элементов, вычисление корреляционной матрицы, кластерный и факторный анализы проводились в программе Statistica 8.0.

Для определения содержания элементов в листьях тополя в городе Благовещенске, использовалась работа Михальчука А. А. «Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений» [50], по ней были рассчитаны следующие статистические показатели: размер выборки, среднее арифметическое, мода, медиана, максимальные и минимальные значения, стандартное отклонение, коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс и их стандартные ошибки. Нормальность распределения химических элементов проверялась с помощью тестов асимметрии и эксцесса, Хи-квадрат и Колмогорова-Смирнова.

Корреляционные связи между содержаниями элементов определялись парными коэффициентами корреляции по критериям Пирсона (для нормального распределения) и Спирмена (для ненормального распределения). Значимость корреляции оценивалась на уровне $p=0,05$. Для визуализации геохимического спектра элементов строились графы ассоциации. Кластерный

анализ проводился методом Варда, а факторный анализ – методом главных компонент [50].

3.3.2 Методика построения картосхем ореолов.

Картосхемы распределения элементов в г. Благовещенске были созданы с помощью программного обеспечения SURFER 10 и COREL DRAW 16.

Для построения схем распределения элементов использовалась работа Мальцева К. А. «Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer)» [57]. Метод «кригинга» в программе Surfer использовался для построения ореолов, создавая геостатистическую модель реальности.

Основные этапы создания геостатистической модели включают:

1. Анализ и предварительную обработку данных (декластеризация, выявление трендов и пространственной неоднородности, анализ распределения, выбросов, анизотропии).

2. Расчет значений эмпирической вариограммы или ковариации.

3. Построение модели вариограммы или ковариации.

4. Решение системы уравнений кригинга для определения весов.

5. Получение прогнозного значения и ошибки (неопределенности) оценки в любой точке области исследования, например, в узлах регулярной сетки [57].

3.3.3 Методика эколого-биогеохимической оценки территории

Эколого-геохимическая оценка территорий базируется на анализе содержания химических элементов и их соединений в компонентах природной среды, используя геохимические и гигиенические характеристики элементов. Важная геохимическая особенность элемента - его распространенность в земной коре и других природных средах, которая измеряется кларком. Ключевое свойство элемента - его миграция, то есть степень подвижности и накопления, связанная с его химическими свойствами.

Для решения геохимических задач, таких как формирование загрязнений в гумусовом горизонте почв на биогеохимическом барьере, важно знать состав

зола растений, которая образуется в результате их жизнедеятельности. Растения избирательно поглощают и накапливают элементы, что характеризуется коэффициентом биологического поглощения. Биогенное накопление особенно важно для элементов, таких как Sr, F, B, Zn, Cu, W, Mo, Se, Mn, Co. Элементы, удаление которых увеличивает продукцию живого вещества, считаются избыточными, включая Cl, S, Na, Cu, Ni, Fe, F, B и др. [65].

Геохимические и эколого-геохимические показатели для оценки территорий

Современная нормативная база для геохимической оценки экологического состояния территорий основана на коэффициентах и показателях, разработанных в прикладной геохимии. Программное обеспечение Microsoft Office Excel 2016 использовалось для табличного оформления полученных данных и расчета коэффициента концентрации и аддитивных показателей.

Коэффициент концентрации элемента рассчитывался относительно среднего геометрического и медианы с использованием следующей формулы [68]:

$$K_k = C/C_k,$$

где C – содержание элемента в пробе, мг/кг;

C_k – среднее содержание элемента, мг/кг.

Для интегральной оценки соотношения концентраций элементов в листьях рассчитаны аддитивные показатели концентрации элементов по формуле:

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

где K_k – коэффициент концентрации элементов >1 ;

n – число таких элементов.

С помощью программного обеспечения Statistica 8 были рассчитаны числовые характеристики содержания элементов в листьях тополя: объем

выборки, средние арифметическое и геометрическое, мода, медиана, максимум и минимум, стандартное отклонение, коэффициент вариации, асимметрия и эксцесс. Также проведены корреляционный и факторный анализы, построены диаграмма размаха и дендрограмма корреляционной матрицы.

Для эколого-геохимической оценки территории рассчитан коэффициент биогеохимической трансформации Zv :

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

где K_c – коэффициент концентрации;

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

Уровни интегрального показателя Zv и экологической опасности приведены согласно градации Власова Д. В. [14]:

<15 – низкий, неопасный;

15-25 – средний, умеренно опасный;

25-35 – высокий, опасный;

35-45 – очень высокий, очень опасный;

>45 – максимальный, чрезвычайно опасный.

Исследование проводилось в течение нескольких лет с использованием различных методов сбора и анализа данных. Пробы листы тополя, их пробоподготовка и анализ проводились с использованием современных технологий и оборудования, включая рентгенофлуоресцентный анализ с использованием спектрометра Lab Center XRF-1800. Полученные данные были подвергнуты комплексной статистической и камеральной обработке для последующего построения картосхем с распределением элементов.

Эколого-геохимическую оценку территории провели, используя геохимические показатели и программное обеспечение Microsoft Excel и Statistica 8. Результаты позволяют оценить состояние окружающей среды и уровень загрязнения в г. Благовещенске.

4 ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ Г. БЛАГОВЕЩЕНСКА

4.1 Общая биогеохимическая характеристика территории

В таблице 2 представлены стандартные статистические параметры валового содержания химических элементов в сухих листьях тополя на территории города Благовещенска за 2013 год.

Таблица 2 – Статистические параметры содержания химических элементов в сухих листьях тополя г. Благовещенск (n - количество проб в выборке = 41) по данным РФА, 2013 г.

ХЭ	сред	min	max	М	Е	А	S	Cv
S	0,3	0,1	0,7	0,3	1,0	0,6	0,1	45
V	0,4	0,3	3,3	0,3	28,5	5,1	0,5	112
Cr	6,2	3,3	9,7	6,2	0,1	0,3	1,4	23
Co	0,4	0,2	2,2	0,2	5,9	2,4	0,5	115
Ni	5,8	2,3	17,3	4,9	4,5	1,9	3,1	53
Cu	10,8	6,1	23,2	10,3	3,4	1,6	3,4	31
Zn	291,6	64,9	615,1	282,1	-0,3	0,6	140,5	48
Ga	0,4	0,1	2,1	0,3	11,1	2,8	0,4	91
Rb	13,6	2,5	51,1	10,6	5,3	2,1	9,7	72
Sr	224,5	58,7	483,7	239,7	0,7	0,4	84,4	38
Y	0,5	0,2	1,5	0,4	1,1	1,4	0,4	82
Ba	46,3	11,9	118,5	43,4	0,2	0,8	25,7	55
Pb	3,0	0,2	16,4	2,3	5,9	2,0	3,3	111
Th	0,1	0,1	0,3	0,1	-0,2	1,1	0,1	58
U	0,6	0,1	2,1	0,3	-0,8	0,7	0,6	103

Примечание: ХЭ – химический элемент, сред – среднее, min – минимум, max – максимум, М – медиана, Е – эксцесс, А – асимметричность, S – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации.

Коэффициент вариации выражает степень относительного разброса содержания элементов в выборках относительно их среднего значения [5]. Однородные выборки (<50) наблюдаются у S, Cr, Cu, Zn, Sr;

недифференцированные выборки (50-70) наблюдаются у Ni, Ba, Th; сильно неоднородные (70-100) выборки – Ga, Rb, Y; крайне неоднородные (>100) – у V, Co, Pb, U.

В качестве расчетного критерия соответствия распределения нормальному теоретическим законам распределения содержаний элементов выбраны показатели асимметрии и эксцесса, приведённые в таблице 2.

В результате расчетов сделан вывод о соответствии нормальному закону распределения содержаний следующих элементов: Cr, Zn, Y, Ba, Th. От нормального закона распределения отличаются распределение содержаний следующих элементов: S, V, Co, Ni, Cu, Ga, Rb, Sr, Pb, U.

В таблице 3 представлены основные статистические показатели содержания химических элементов в листьях тополя на территории города Благовещенска в 2019 году

Таблица 3 – Статистические параметры содержания химических элементов в сухих листьях тополя г. Благовещенск (n - количество проб в выборке = 45) по данным РФА, 2019 г.

XЭ	сред	min	max	M	E	A	S	Cv
S	0,4	0,0	0,8	0,4	-0,7	-0,3	0,2	46,9
V	2,9	0,7	5,4	3,1	-0,8	-0,3	1,3	45,5
Cr	2,3	0,7	4,6	2,2	0,1	0,4	0,8	36,7
Co	1,1	0,3	2,5	1,1	0,2	0,6	0,5	47,2
Ni	4,5	2,1	7,1	4,5	-0,7	0,2	1,4	30,7
Cu	9,1	4,0	18,5	8,7	0,4	0,7	3,4	37,2
Zn	361,9	25,6	749,3	332,2	-0,5	-0,1	182,2	50,3
Ga	0,6	0,1	1,3	0,5	0,8	0,7	0,3	47,2
Rb	6,6	0,6	17,7	5,1	-0,6	0,6	4,7	70,1
Sr	200,8	66,3	318,1	215,2	-0,7	-0,5	65,7	32,7
Y	0,6	0,0	3,0	0,4	7,2	2,3	0,6	95,6
Ba	87,2	17,5	276,1	71,9	4,1	1,9	53,6	61,5
Pb	1,8	0,1	9,5	1,6	7,2	2,5	1,9	104,6
Th	1,2	0,6	2,2	1,3	1,1	0,3	0,3	24,8
U	0,5	0,2	1,0	0,5	0,7	0,5	0,2	35,0

Примечание к таблице 3 в таблице 2.

Однородные выборки (<50) наблюдаются у S, V, Cr, Co, Ni, Cu, Ga, Sr, Th, U; недифференцированные выборки (50-70) наблюдаются у Zn, Ba; сильно неоднородные (70-100) выборки – у Rb, Y; крайне неоднородные (>100) – у Pb.

В результате расчетов данных результатов анализа 2019 года по показателям асимметрии и эксцесса (таблица 3), сделан вывод о соответствии нормальному закону распределения содержаний следующих элементов: Cr, Co, Cu, Rb. От нормального закона распределения отличаются распределение содержаний следующих элементов: S, V, Ni, Zn, Ga, Sr, Y, Ba, Pb, Th, U.

Коэффициент концентрации (Kc) рассчитывался из отношения значения медианы элемента к содержанию элемента в сухом веществе растений по Бернду Маркерту [86]. Полученные значения приведены в таблице 4.

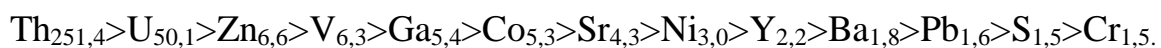
Таблица 4 – Коэффициенты концентрации (Kc), рассчитанные относительно медианного содержания химических элементов за 2013 и 2019 гг.

Химический элемент	Содержание элементов в сухом веществе растений по Б. Маркерту [86].	Kc 2013г.	Kc 2019г.
S	0,3	2,6	1,5
V	0,5	0,6	6,3
Cr	1,5	4,2	1,5
Co	0,2	0,9	5,3
Ni	1,5	3,3	3,0
Cu	10	1,0	0,9
Zn	50	5,6	6,6
Ga	0,1	3,1	5,4
Rb	50	0,2	0,1
Sr	50	4,8	4,3
Y	0,2	1,9	2,2
Ba	40	0,1	1,8
Pb	1	0,1	1,6
Th	0,005	57,0	251,4
U	0,01	31,5	50,1

На основе коэффициентов концентрации (Kc) за 2013 год был составлен геохимический ряд, где элементы упорядочены по убыванию их концентрации ($Kc > 1$):

$Th_{57,0} > U_{31,5} > Zn_{5,6} > Sr_{4,8} > Cr_{4,2} > Ni_{3,3} > Ga_{3,1} > S_{2,6} > Y_{1,9}$. Можно выделить $Th_{57,0} > U_{31,5}$, отражающий повышенные концентрации радиоактивных элементов.

Геохимический ряд по коэффициентам концентрации (Кс) 2019 г. В порядке их убывания (Кс>1):



Он также отражает повышенные концентрации радиоактивных элементов: $\text{Th}_{251,4} > \text{U}_{50,1}$. Возможно, эти элементы являются индикатором антропогенного фактора, обусловленным локальным характером, не оказывающим заметного влияния на окружающую среду.

Корреляционный и кластерный анализы. Коэффициенты корреляции были вычислены на основе абсолютных содержаний элементов. Учитывая отклонение распределения большинства микроэлементов листьев тополя от нормального закона распределения, особое внимание уделялось ранговым коэффициентам корреляции Спирмена.

Результаты расчета представлены в таблицах 5-6.

Таблица 5 – Корреляционные связи химических элементов в листьях тополя территории г. Благовещенск в 2013 г.

Spearman Rank Order Correlations (2013г.)															
MD pairwise deleted															
Marked correlations are significant at $p < .01000$															
Variable	S	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Ba	Pb	Th	U
S	1,00														
V	-0,24	1,00													
Cr	-0,40	0,36	1,00												
Co	-0,17	0,33	0,12	1,00											
Ni	-0,28	0,32	0,54	0,50	1,00										
Cu	0,32	-0,29	0,09	-0,17	0,06	1,00									
Zn	0,29	-0,11	0,04	0,15	-0,04	0,45	1,00								
Ga	-0,44	0,47	0,75	0,33	0,60	0,16	0,13	1,00							
Rb	0,25	-0,00	-0,39	-0,05	-0,06	-0,06	-0,44	-0,22	1,00						
Sr	-0,18	0,23	0,31	0,53	0,43	0,01	0,53	0,54	-0,37	1,00					
Y	-0,24	0,06	0,29	0,09	-0,21	-0,18	0,25	0,33	-0,34	0,30	1,00				
Ba	-0,12	0,37	0,20	0,54	0,32	-0,09	0,39	0,42	-0,26	0,82	0,20	1,00			
Pb	-0,49	0,11	0,72	0,16	0,29	0,15	0,35	0,63	-0,69	0,48	0,57	0,29	1,00		
Th	-0,31	0,04	0,44	0,26	0,10	-0,06	0,31	0,28	-0,79	0,31	0,46	0,14	0,72	1,00	
U	-0,35	-0,04	0,60	0,11	0,15	0,16	0,43	0,49	-0,80	0,42	0,53	0,22	0,92	0,84	1,00

Критическое значение коэффициентов корреляции составило $r_{0,01} = 0,40$ при $n=41$. Получены группы микроэлементов с положительными сильными связями: Ba-Sr и Rb-Pb-Th-U. Данные микроэлементы относятся к группе литофильных элементов.

Таблица 6 – Корреляционные связи химических элементов в листьях тополя территории г. Благовещенск в 2019 г.

Spearman Rank Order Correlations (2019r)															
MD pairwise deleted															
Marked correlations are significant at $p < .01000$															
Variable	S	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Ba	Pb	Th	U
S	1,00														
V	0,21	1,00													
Cr	0,30	0,46	1,00												
Co	-0,21	0,47	0,43	1,00											
Ni	0,02	0,37	0,60	0,53	1,00										
Cu	0,12	0,35	0,57	0,25	0,46	1,00									
Zn	0,24	0,11	0,30	-0,05	0,18	0,68	1,00								
Ga	0,25	0,44	0,53	0,44	0,41	0,39	0,18	1,00							
Rb	0,15	0,47	0,68	0,54	0,54	0,45	0,10	0,67	1,00						
Sr	0,24	0,44	0,65	0,41	0,56	0,62	0,40	0,50	0,52	1,00					
Y	0,07	0,51	0,47	0,51	0,55	0,24	-0,05	0,66	0,58	0,26	1,00				
Ba	-0,65	-0,04	0,04	0,24	0,22	-0,16	-0,37	-0,03	0,09	-0,02	0,27	1,00			
Pb	0,13	0,52	0,66	0,49	0,56	0,53	0,25	0,62	0,61	0,41	0,67	0,07	1,00		
Th	0,48	0,49	0,64	0,26	0,41	0,48	0,45	0,40	0,29	0,71	0,20	-0,28	0,40	1,00	
U	0,43	0,25	0,45	0,36	0,25	0,29	0,16	0,33	0,30	0,40	0,09	-0,40	0,41	0,60	1,00

Критическое значение коэффициентов корреляции составило $r_{0,01} = 0,40$ при $n=45$. Группа микроэлементов с положительными сильными связями: Rb-Sr-Y-Pb-Th-U. Данные микроэлементы относятся к группе литофильных элементов.

На рисунках 11-12 показана структура корреляционных связей химических элементов в листьях; в значительной мере определяется схожей по набору компонентов наиболее представительной ассоциации.

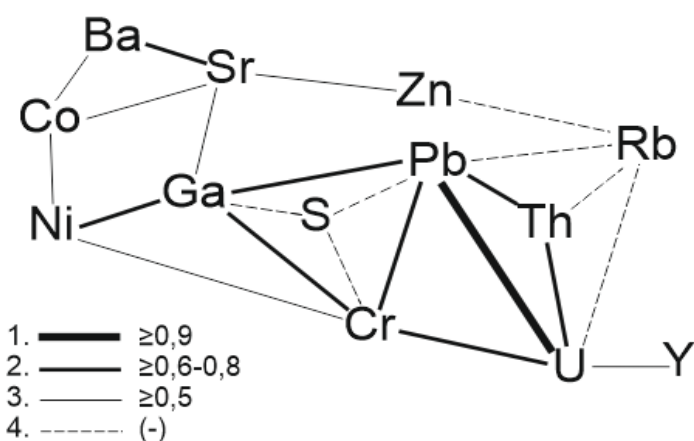


Рисунок 11 – Корреляционные взаимосвязи химических элементов в листьях тополя территории г. Благовещенск в 2013г.: 1. основные взаимосвязи на уровне $\geq 0,9$; 2. на уровне $\geq 0,6-0,8$; 3. на уровне $\geq 0,5$; 4. отрицательные корреляции

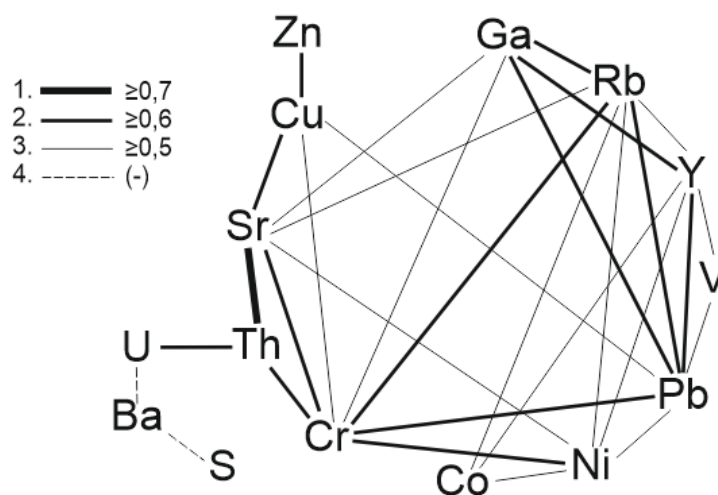


Рисунок 12 – Корреляционные взаимосвязи химических элементов в листьях тополя территории г. Благовещенск в 2019г.: 1. основные взаимосвязи на уровне $\geq 0,7$; 2. на уровне $\geq 0,6$; 3. на уровне $\geq 0,5$; 4. отрицательные корреляции

Целью кластерного анализа является группировка множества микроэлементов на основе их наивысших значений коэффициентов ранговой корреляции, представленных в форме дендрограммы. Дендрограммы геохимического спектра элементов в листьях тополя на территории Благовещенска в 2013 и 2019 годах представлены на рисунке 13-14.

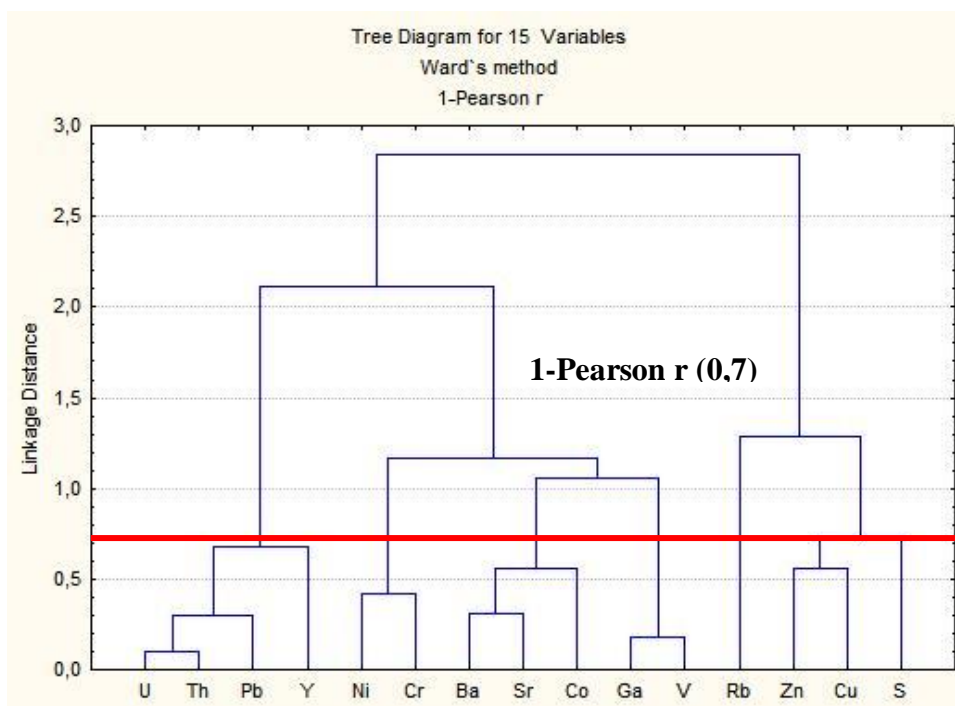


Рисунок 13 – Дендрограмма геохимического спектра химических элементов в листьях тополя территории г. Благовещенск 2013г. ($1-r=0,7$)

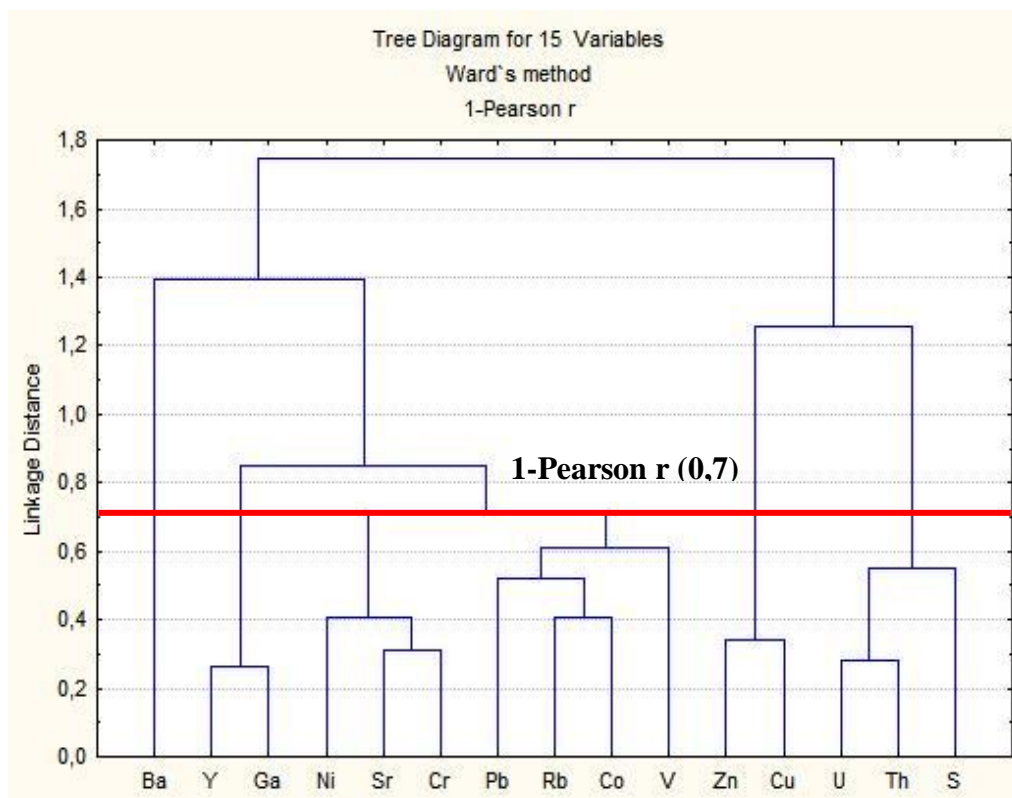


Рисунок 14 – Дендрограмма геохимического спектра химических элементов в листьях тополя территории г. Благовещенск 2019г.(1- $r=0,7$)

По оси абсцисс располагаются элементы, по оси ординат значение 1- r , соответствующее каждому уровню группирования. Красной линией отмечен критический уровень. Наиболее сильные значимые корреляционные связи на дендрограмме в 2013 г. установлены для: (Ni-Sr-Cr), (Pb-Rb-Co-V), (Zn-Cu), (S-Th-U). В 2019 г.: (Y-Pb-Th-U), (Ni-Cr), (Ba-Sr-Co), (V-Ga), (Zn-Cu).

Метод главных компонент в факторном анализе предоставляет возможность более точно определить влияние различных факторов на структуру взаимосвязей между элементами. Для этой цели была создана матрица факторных нагрузок с применением вращения.

Результаты факторного анализа дисперсий геохимического спектра химических элементов в листьях тополя на территории г. Благовещенск в 2013 г. представлены на рисунке 15 (А), в 2019 г. на рисунке 16 (А).

Результаты факторного анализа в виде круговой диаграммы содержаний химических элементов в листьях тополя на территории г. Благовещенск в 2013 г. представлены на рисунке 15 (Б), в 2019 г. на рисунке 16 (Б).

А

Factor Loadings (Varimax raw) (2013r.)					
Extraction: Principal components					
(Marked loadings are >.700000)					
Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
S	-0,50	-0,37	-0,47	-0,32	0,08
V	-0,11	0,90	0,18	-0,02	0,17
Cr	0,57	0,33	-0,16	0,61	-0,07
Co	-0,09	0,22	0,16	0,15	0,76
Ni	0,17	0,15	0,05	0,83	0,30
Cu	0,02	-0,05	-0,95	0,09	-0,10
Zn	0,30	-0,17	-0,58	-0,37	0,53
Ga	0,13	0,91	-0,03	0,20	0,24
Rb	-0,65	-0,01	0,13	0,01	-0,22
Sr	0,39	0,14	-0,23	0,11	0,74
Y	0,64	0,27	0,10	-0,52	0,01
Ba	0,07	0,33	0,11	0,11	0,84
Pb	0,84	0,14	-0,19	0,19	0,10
Th	0,88	-0,12	0,10	0,04	0,13
U	0,96	-0,04	-0,03	0,09	0,08
Expl.Var	4,11	2,24	1,67	1,71	2,39
Prp.Totl	0,27	0,15	0,11	0,11	0,16

Б

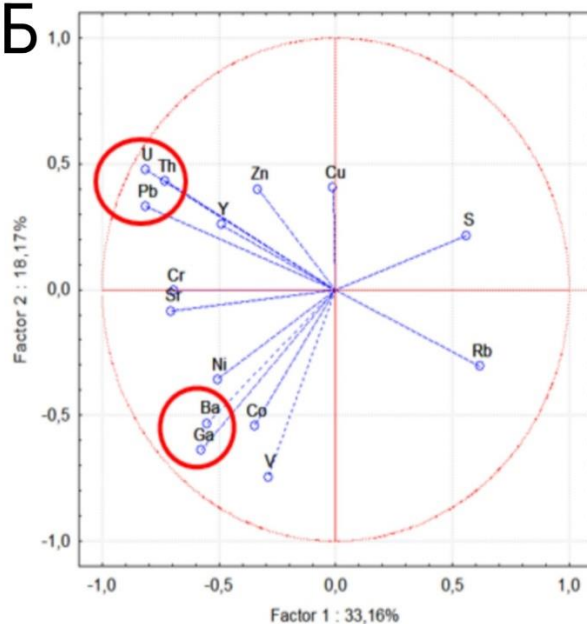


Рисунок 15 – Результаты факторного анализа дисперсий геохимического спектра (А) и результаты факторного анализа в виде круговой диаграммы (Б) содержаний химических элементов в листьях тополя на территории г. Благовещенск в 2013 г.

А

Factor Loadings (Unrotated) (2019r.)				
Extraction: Principal components				
(Marked loadings are >.700000)				
Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
S	-0,40	-0,70	-0,42	-0,13
V	-0,56	0,15	-0,01	0,41
Cr	-0,88	0,09	-0,04	-0,01
Co	-0,64	0,47	0,13	0,24
Ni	-0,72	0,28	0,28	0,06
Cu	-0,59	-0,23	0,64	-0,08
Zn	-0,35	-0,64	0,55	-0,16
Ga	-0,73	0,12	-0,22	-0,48
Rb	-0,74	0,29	-0,05	-0,17
Sr	-0,78	-0,13	0,36	0,11
Y	-0,60	0,41	-0,11	-0,55
Ba	0,21	0,81	0,16	0,14
Pb	-0,70	0,21	-0,39	0,06
Th	-0,78	-0,34	-0,10	0,31
U	-0,65	-0,27	-0,43	0,32
Expl.Var	6,26	2,44	1,55	1,07
Prp.Totl	0,42	0,16	0,10	0,07

Б

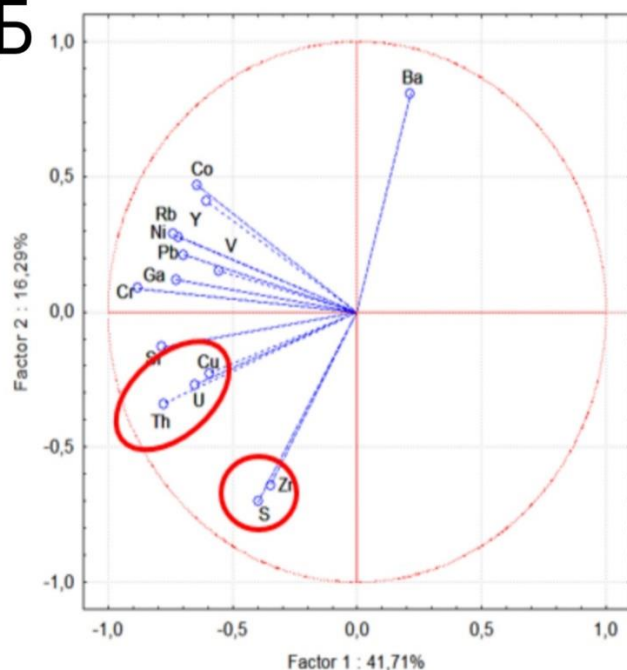


Рисунок 16 - Результаты факторного анализа дисперсий геохимического спектра (А) и результаты факторного анализа в виде круговой диаграммы (Б) содержаний химических элементов в листьях тополя на территории г. Благовещенск в 2019 г.

Согласно рисунку 15 (А), высокие факторные нагрузки химических элементов распределились по факторам следующим образом:

Фактор 1 является значимым и преимущественно ассоциируется с микроассоциацией Pb-Th-U, проявляя положительную корреляцию. Фактор 2 менее значим, и характеризуется микроассоциацией V-Ga, также имеющей положительную корреляцию. Факторы 3 и 4 являются менее весомыми, с ассоциациями Cu и Ni соответственно, при этом Фактор 3 проявляет отрицательные корреляционные связи. Фактор 5 характеризуется микроассоциациями Co-Sr-Ba, с положительной корреляцией.

Согласно рисунку 15 (Б), фактор 2 оказывает сильное положительное влияние на микроассоциацию Pb-Th-U (18,17%). Фактор 1 оказывает сильное положительное влияние на ассоциацию Ga-Ba (33,16%).

Рисунок 16 (А) показывает, что высокие факторные нагрузки химических элементов распределены по факторам следующим образом:

Фактор 1 имеет значительное влияние и в основном связан с микроассоциацией Cr-Ni-Ga-Rb-Sr-Th, проявляя отрицательную корреляцию. Фактор 2 менее влиятелен и характеризуется микроассоциациями S-Ba, с отрицательной и положительной корреляцией Фактора 2 соответственно.

По рисунку 16 (Б) видно, что фактор 2 оказывает сильное отрицательное влияние на микроассоциацию Cu-Th-U (16,29%). Фактор 1 оказывает сильное отрицательное влияние на ассоциацию S-Zn (41,71%).

4.2 Торий-урановые отношения

В ходе статистической обработки данных, были выделены радиоактивные элементы Th и U. Для них по двум годам построены гистограммы распределения и диаграммы размаха содержания этих элементов, показанные на рисунке 17.

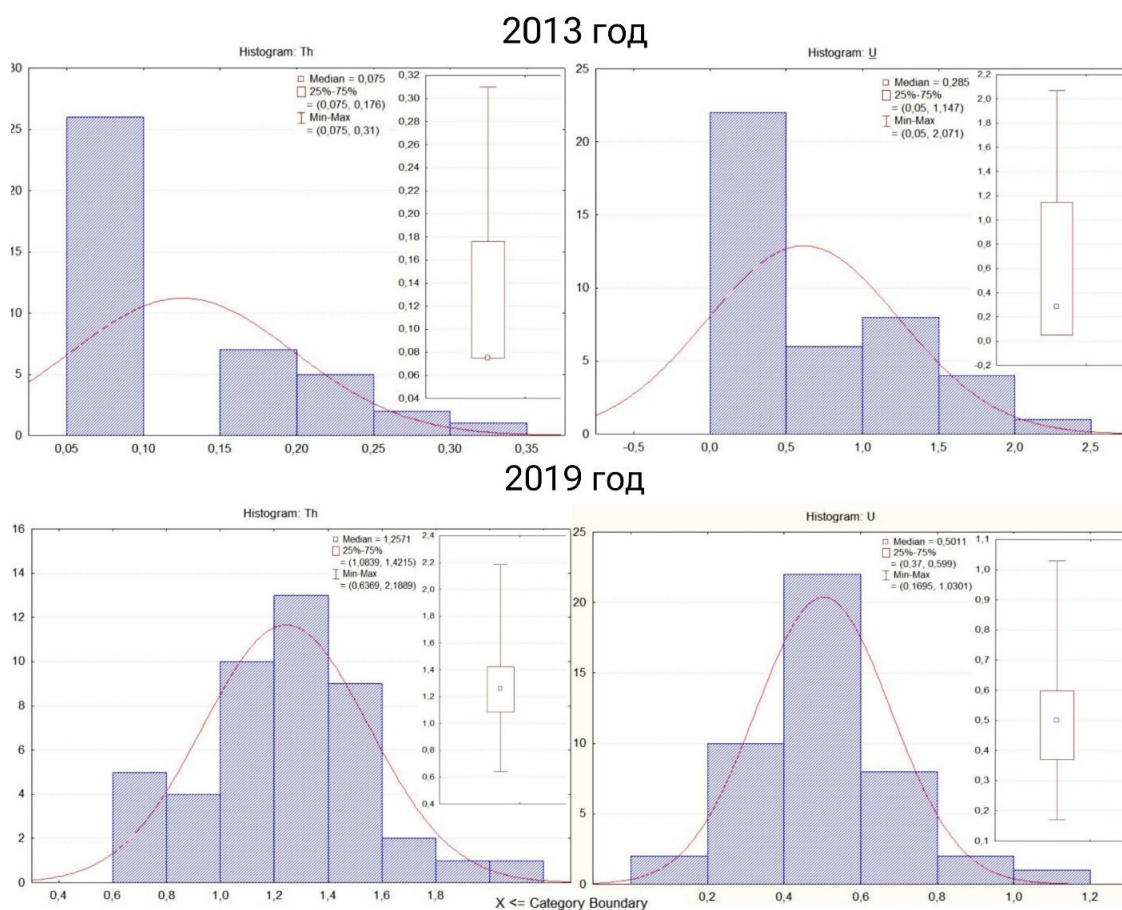


Рисунок 17 - Гистограммы распределения и диаграммы размаха содержания Th и U в пробах листьев тополя на территории г. Благовещенска за 2013 и 2019 гг.

Радионуклиды Th и U часто встречаются в виде примесей в рудных месторождениях и ископаемом топливе, таком как уголь. Они отличаются высокой химической активностью и недостаточной изученностью в экогеохимическом контексте [53].

На территории г. Благовещенска наблюдается постоянный, устойчивый и прогрессивный типы загрязнения окружающей среды. Постоянный тип и низкий уровень загрязнения связаны с петрогенным влиянием веществ Th и U [62].

Важным индикаторным показателем состояния территории является торий-урановое отношение, представленное на рисунках 18-19.

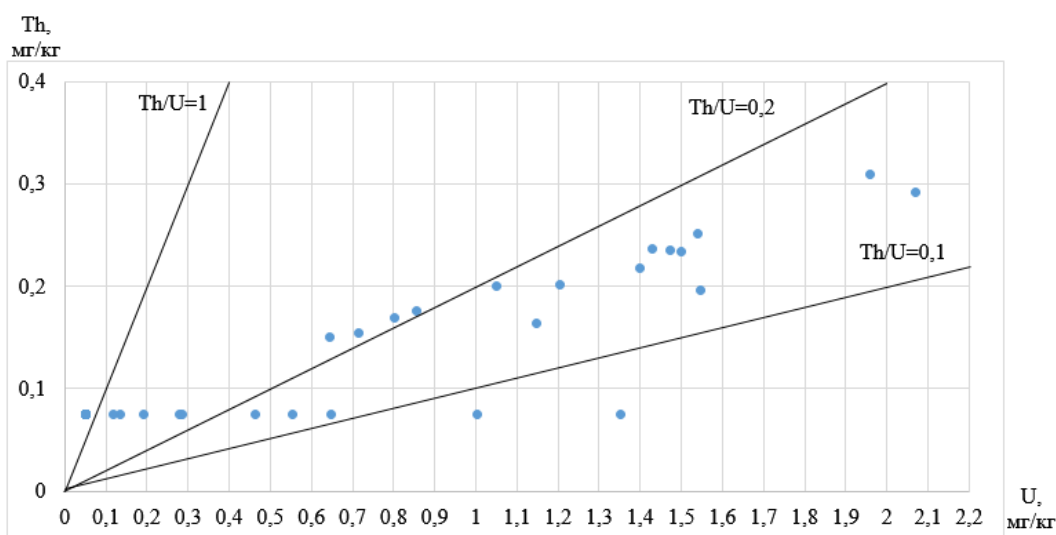


Рисунок 18 – Радиогеохимическая характеристика урбанизированной зоны города Благовещенска на основе анализа листьев тополя в 2013 году.

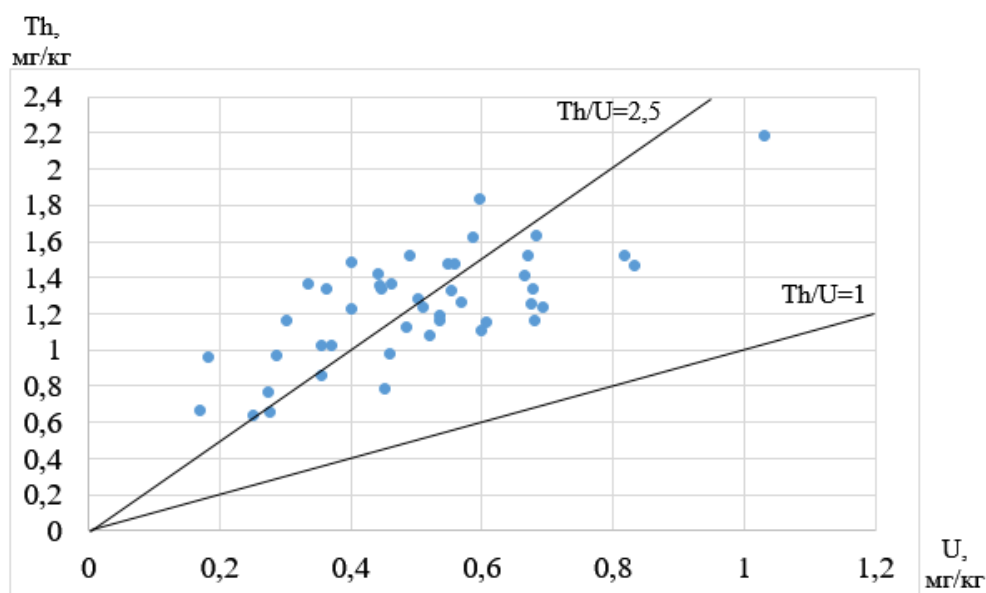


Рисунок 19 – Радиогеохимическая характеристика урбанизированной зоны города Благовещенска на основе анализа листьев тополя в 2019 г.

По рисункам 18-19 видно, в 2013 году (рис. 18) торий-урановое отношение менее 0,5 ($Th/U < 0,5$), что свидетельствует о преобладании урановой специализации территории [59].

Как написано в работе Юсупова Д. В. «Радиоактивные элементы (торий, уран) в листьях тополя на урбанизированных территориях и их индикаторная роль» [59]: по значениям показателя Th/U в листьях тополя определяются

города с ториевой ($Th/U > 2,5$), смешанной ($1 < Th/U < 2,5$) и урановой ($Th/U < 1$) природой накопления» [59].

В 2019 году (рис. 19) отмечается значение показателя $Th/U > 2,5$, это говорит о том, что техногенное воздействие не значительное: “в почвах, не подверженных значительному техногенному воздействию, показатель для большинства генетических типов почв различных природно-климатических зон в отдельных странах и континентах составляет от 3 до 5 единиц” [68].

4.3 Биогеохимические ореолы радиоактивных элементов

На рисунке 20 показаны биогеохимические ореолы радиоактивных элементов Th и U на территории г.Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

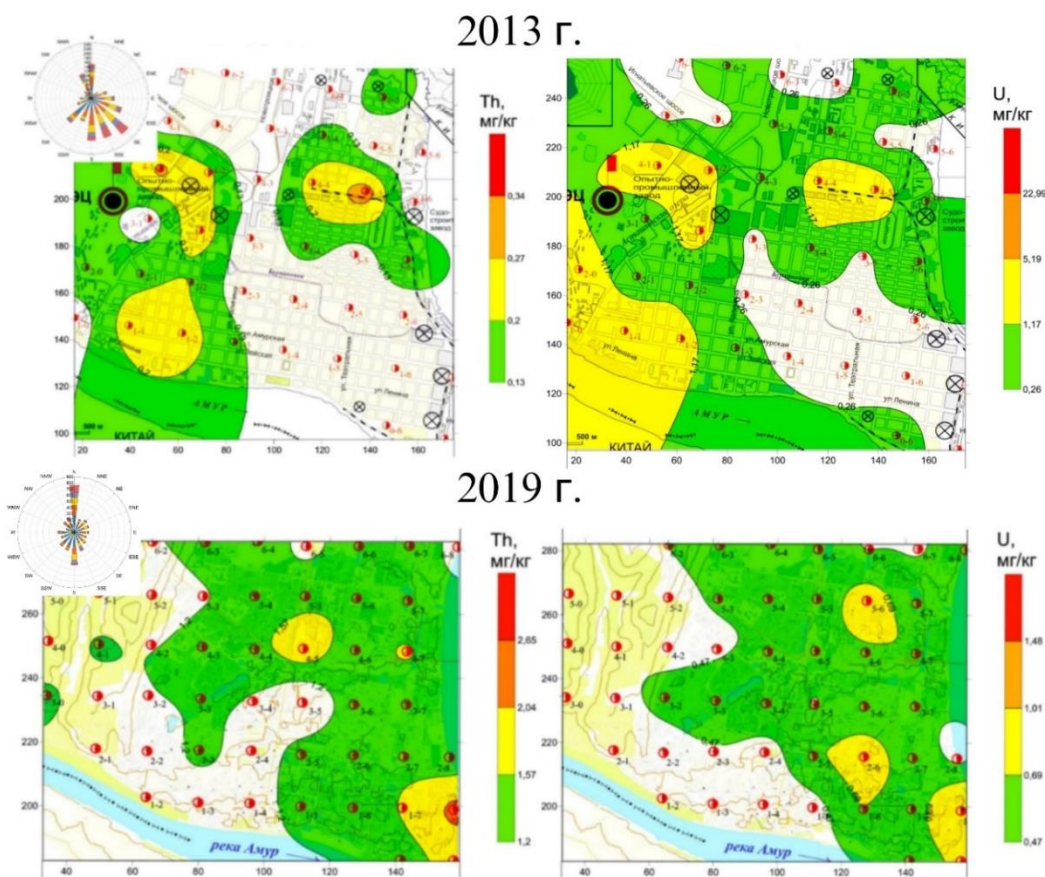


Рисунок 20 – Распределение тория и урана на территории г.Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

В 2013 году наблюдается распределение радиоактивных элементов в области подфакельных выбросов от тепловых электростанций, котельных и зон с частной застройкой, где используется печное отопление.

Исследования, проведенные Арбузовым [4], показывают, что угли из Ерковецкого и Райчихинского месторождений содержат уран и торий. Соответствующие концентрации составляют $1,0 \pm 0,4$ и $3,6 \pm 1,5$ соответственно для Ерковецкого месторождения, а для Райчихинского - $1,5 \pm 0,5$ и $3,8 \pm 1,8$. В регионе Дальнего Востока вулканическая активность прослеживается с мезозоя до настоящего времени, что делает пепловый материал значимым для угольных месторождений в этой зоне. Это приводит к неравномерному распределению тория и урана в углях. Имеющиеся данные свидетельствуют о важной роли вулканического вещества в накоплении тория и урана в мезозойских углях. Это подтверждается присутствием вулканического материала в угольных пластах месторождений, высоким соотношением Th/U и значительными концентрациями тория в золах углей некоторых месторождений, превышающими его содержание в углевмещающих породах.

В 2019 году наблюдается распределение радиоактивных элементов, сконцентрированное вдоль береговых линий рек Амур и Зея. Особенно отмечается след радиоактивных элементов по берегам реки Зеи в районе промышленной зоны. Анализ состава верхнего горизонта почв г. Благовещенска показывает наличие зерен циркона в количестве от 1 до 10 знаков [62].

На поверхности листьев тополя обнаружены природные минералы, в основном фосфаты легких радиоактивных элементов (РЗЭ), а также тяжелых РЗЭ и циркон. Эти наблюдения указывают на влияние ветрового переноса минеральных частиц с прибрежных областей крупных рек и озер [69].

Циркон, как правило, обладает радиоактивными свойствами и всегда содержит примеси редких земельных элементов (РЗЭ) и радиоактивных элементов (U, Th) [46].

4.4 Биогеохимические ореолы элементов с повышенными коэффициентами концентрации

На рисунке 21 представлено распределение ванадия на территории г. Благовещенск, в 2013 году его концентрации наблюдаются в северо-западной

части года и на юго-востоке в районе нефтебазы; в 2019 году повышенных концентраций не наблюдается.

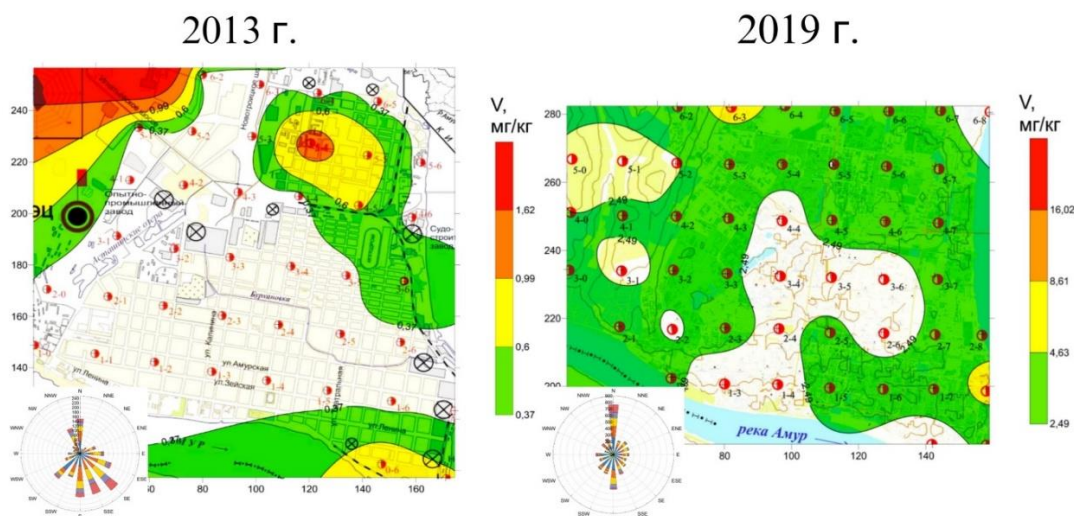


Рисунок 21 – Распределение ванадия на территории г.Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

Согласно исследованиям, ванадий в почвах является показателем углеводородного загрязнения, присутствие которого в них, особенно в условиях разливов нефти и нефтепродуктов, как правило, увеличено. В воздухе же, ванадий является индикатором загрязнения от выбросов теплоэнергетики, особенно от предприятий, работающих на мазуте [16].

На представленных в рисунках 22-24 графиках показано распределение никеля, кобальта и цинка. Распределение никеля (рисунок 22) в период с 2013 по 2019 год практически не изменилось, охватывая районы ТЭЦ, опытно-промышленного завода, судостроительного завода и нефтебазы. Ореолы кобальта (рисунок 23) в 2013 и 2019 годах также совпадают, простираясь на северную и юго-восточную части города, где находятся котельные, мельзавод, элеватор и нефтебаза.

Распределение цинка в значительной степени определяется воздействием ТЭЦ, судостроительного завода и котельных, особенно в 2013 году.

Связь между никелем, кобальтом и цинком вероятно обусловлена поступлением в почву аэрозолей, образующихся при сжигании топлива. Подчеркивается, что специфическая ассоциация загрязнителей зависит от

состава используемого органического топлива, включая содержание в нем определенных металлических примесей [3].

В дизельное топливо добавляются металлоорганические соединения на основе свинца, меди, никеля и хрома (0,02–0,25%) для уменьшения содержания сажи в отработанных газах [69].

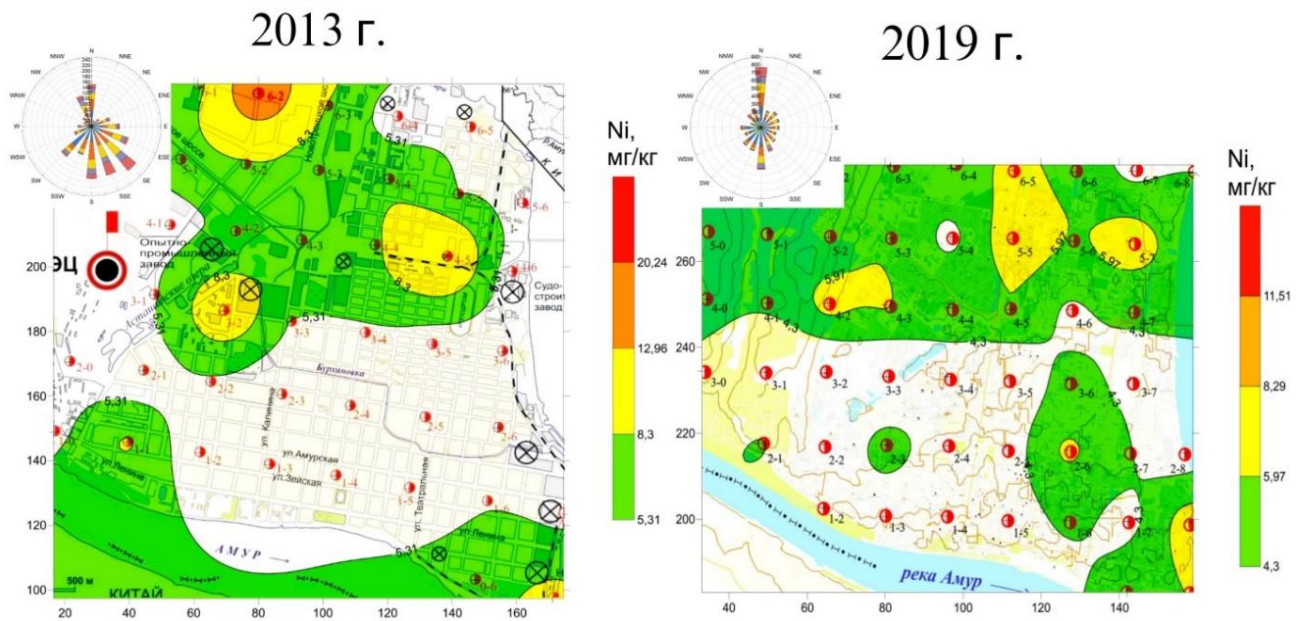


Рисунок 22 – Распределение никеля на территории г. Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

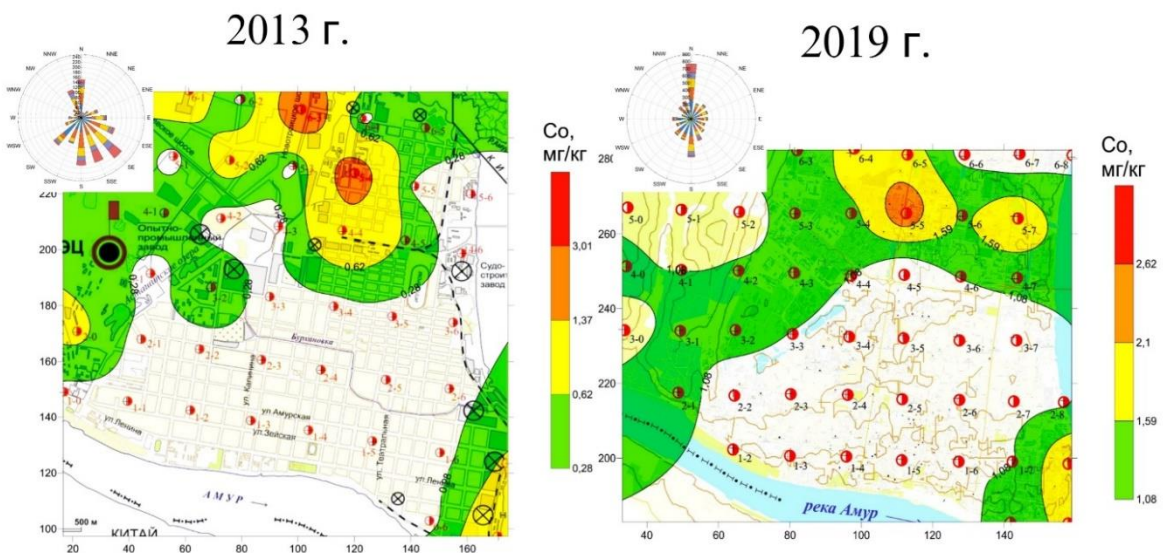
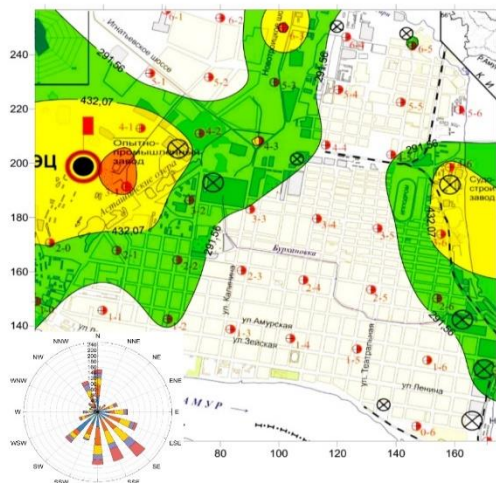


Рисунок 23 – Распределение кобальта на территории г. Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

2013 г.



2019 г.

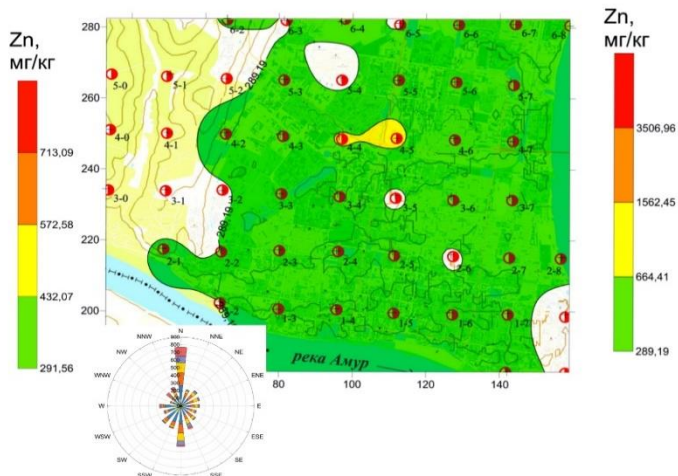
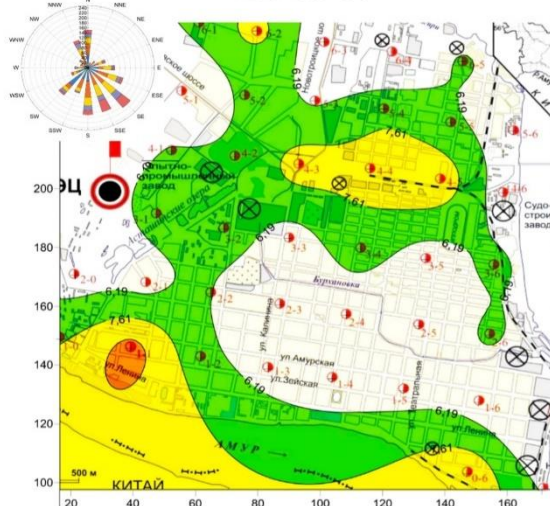


Рисунок 24 – Распределение цинка на территории г. Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

На рисунке 25 показано распределение хрома.

2013 г.



2019 г.

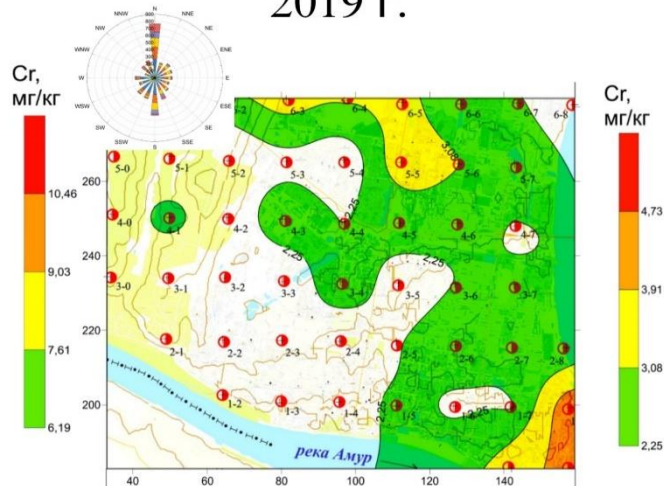


Рисунок 25 – Распределение хрома на территории г. Благовещенск в 2013 и 2019 гг.

В 2013 году наибольшее скопление хрома наблюдалось в юго-западной части города, что может указывать на возможность его переноса через границу.

В летний период из соседней территории китайской провинции Хэйлунцзян, расположенной на юге и юго-востоке, могут поступать выбросы от предприятий теплоэнергетики и предприятий, занимающихся добычей строительных материалов. Кроме того, наличие водных ресурсов с юга и

востока (рек Амур и Зея) способствует формированию локальных конвекционных движений воздушных масс, что влияет на распределение загрязнителей [54].

В 2019 году локализация хрома в юго-восточной части города – в месте расположения элеватора и нефтебазы.

Распределение всех упомянутых выше элементов может быть затронуто наличием железной дороги на территории города. Железнодорожный транспорт является источником выбросов тяжелых металлов в окружающую среду на окраинах городов и в сельской местности. Это обусловлено увеличением объема грузоперевозок и использованием устаревших транспортных средств с неблагоприятным воздействием на окружающую среду. Загрязнение почв тяжелыми металлами на железной дороге может происходить различными путями: разлив химических веществ во время аварий и транспортировки, пролив горюче-смазочных материалов, выбросы от сгорания топлива локомотивов, а также использование ядохимикатов для борьбы с сорняками в сельском и лесном хозяйствах [47].

4.5 Интегральная эколого-биогеохимическая оценка территории

В работе Рихванова Л. П. «Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем» [69] приведена формула для расчета коэффициента концентрации: $K_c = C/C_k$, где K_c – коэффициент концентрации, C – содержание элемента в пробе (мг/кг); C_k – медиана данной выборки [69].

Для дальнейших расчетов использовались только $K_c > 1$.

Рассчитанные коэффициенты концентрации за 2013 г. и 2019 г. представлены в таблицах 7-8

Таблица 7 – Геохимические ряды относительно медианы выборки, 2013г.

T 0/6	V 2,55	Pb 1,99	U 1,63	Ga 1,46	Cr 1,44	Ni 1,35	Rb 1,25	Cu 1,06	Ba 1,05	Sr 1,02
T 0/7	Co 6,39	Ga 3,53	V 2,17	Rb 2,12	Ni 1,93	Ba 1,62	Sr 1,16			
T1-0	U 4,74	Y 3,83	Pb 2,87	Ga 1,81	Rb 1,42	Cu 1,26	Cr 1,20	Zn 1,16		
T 1/1	U 5,16	Th 3,13	Pb 2,61	Ni 1,79	Cr 1,55	Ga 1,34	Y 1,01			

T 1/2	U 5,01	Th 3,16	Y 2,94	Pb 1,82	Zn 1,09	Cr 1,08								
T1-3	U 2,26	Y 2,16	Th 2,01	Pb 1,37	Cu 1,24	S 1,17								
T 1/4	Rb 1,68	Cu 1,13												
T1-5	Rb 2,12	Y 1,81												
T1-6	Rb 3,79	Ni 1,05												
T 1/7	Co 3,96	Rb 2,91	S 2,26	Cu 1,39	Zn 1,35	Ba 1,24								
T2-0	U 5,43	Co 4,34	Y 3,99	Th 2,63	Pb 2,20	Ga 1,91	Zn 1,55	Sr 1,34	Ba 1,17					
T2-1	U 3,00	Y 2,55	Th 2,35	S 1,18	Zn 1,25									
T 2/2	U 3,68	Th 2,67	Pb 1,68	Zn 1,51	Ba 1,15	Cu 1,05	Sr 1,03							
T2-3	Rb 1,29	S 1,15												
T2-4	Rb 2,30	S 1,18												
T2-5	Rb 4,83	S 1,08												
T 2/6	Ba 1,60	Y 1,31	Rb 1,29	Ga 1,25	Zn 1,23	Sr 1,19	S 1,08	Cr 1,05						
T 3/1	Zn 2,14	U 1,95	Cu 1,77	S 1,64	Ga 1,57	Pb 1,49	Sr 1,10	Cr 1,07	Ni 1,02					
T 3/2	U 5,40	Th 3,36	Co 3,17	Pb 2,90	Ni 2,44	Y 1,25	Zn 1,21	Cr 1,17	Ga 1,14	S 1,09	Cu 1,02			
T 3/3	S 1,71	Cu 1,08	Ni 1,05	Zn 1,02										
T3/4	U 4,02	Th 2,19	Pb 1,80	Cu 1,28	Ga 1,19	Cr 1,12								
T3-5	Y 1,76	Rb 1,24												
T3-6	U 4,23	Y 2,85	Th 2,69	V 2,08	Pb 2,00	Zn 1,70	Ba 1,70	Cr 1,04	S 1,02	Sr 1,01				
T4-1	U 7,27	Th 3,89	Pb 3,84	Y 3,67	Co 2,55	Zn 1,97	Ga 1,32	Sr 1,16	Cu 1,10	Cr 1,02				
T 4/2	Pb 7,19	U 4,91	Th 2,91	Sr 2,02	Ga 1,93	Cu 1,47	Zn 1,45	Ba 1,18	Y 1,12	Ni 1,08	Cr 1,04			
T4-3	Cu 2,25	Ga 1,97	Ni 1,58	Zn 1,58	Rb 1,58	Cr 1,31	Pb 1,22	S 1,10	Y 1,01					
T4-4	Co 6,94	U 5,27	Th 3,12	Pb 2,40	Ga 2,38	Ni 1,60	Cu 1,60	Y 1,53	Ba 1,38	Cr 1,28	Sr 1,26	S 1,07		

T4-5	U 6,88	Th 4,13	Pb 3,20	Co 3,19	Ni 2,74	V 2,11	Ga 1,54	Ba 1,42	Cr 1,41	Y 1,38	Sr 1,33
T4-6	Zn 1,69	Ba 1,47	Cu 1,19	Ga 1,14							
T5-1	Rb 1,67	S 1,57	Ni 1,38	Ba 1,10							
T5-2	Co 5,28	Rb 2,03	Ni 1,62	Ba 1,16	Sr 1,09	S 1,07	Cr 1,04				
T 5/3	U 2,28	Ga 1,44	Ba 1,21	Sr 1,20	Cu 1,19	Ni 1,12	Zn 1,09	S 1,01			
T5-4	Co 10,82	V 4,30	Ba 2,73	U 2,51	Ga 3,01	Th 2,07	Pb 2,06	Ni 1,62	Y 1,41	Sr 1,36	Cr 1,17
T5-5	V 2,63	Rb 1,91	Ga 1,67	Cu 1,52	S 1,50	Ni 1,08	Cr 1,03				
T 5/6	Th 1,01										
T6-1	V 11,04	Ga 6,64	Co 5,81	Y 2,14	Ba 2,14	Ni 1,47	Rb 1,31	Pb 1,13	Cr 1,08	Sr 1,07	
T6-2	Ni 3,52	U 3,52	Pb 2,64	Ga 2,23	Ba 2,22	Cr 1,31	Y 1,26	Rb 1,23	Sr 1,11		
T6-3	Co 12,61	Zn 2,18	Ba 1,88	Ni 1,66	Rb 1,31	Sr 1,28	Cu 1,17	S 1,07			
T6-4	Rb 1,34	Cu 1,02									
T6-5	Co 2,93	U 2,82	Th 2,25	Ba 1,92	Sr 1,27	Zn 1,08	Ni 1,06	Pb 1,03	Cr 1,02		

Таблица 8 – Геохимические ряды относительно медианы выборки, 2019г.

Бл 0/7 0	Y 6,85	Ga 2,42	Rb 2,14	Pb 1,64	Cr 1,62	Zn 1,30	Ba 1,24	S 1,21	Co 1,18	Ni 1,08	Sr 1,03	Th 1,02
Бл 1/2	S 1,02											
Бл 1/3	S 1,19											
Бл 1/4	S 1,29	Rb 1,29	Ba 1,17	Y 1,03								
Бл 1/5 0	S 1,53	Y 1,45	Cu 1,42	Zn 1,35	V 1,20	Cr 1,10	Th 1,07					

Бл 1/6	Pb 3,34	Y 1,89	Ga 1,85	Rb 1,72	U 1,38	S 1,12	V 1,09	Co 1,02	Ni 1,01				
Бл 1/7	S 1,53	Th 1,29	Zn 1,28	Pb 1,25	Cu 1,23	V 1,21	U 1,17	Ga 1,16	Sr 1,15				
Бл 1/8	Pb 5,11	Y 3,26	Ga 2,18	Rb 2,11	Cr 2,07	U 2,06	Co 1,98	Th 1,74	V 1,71	S 1,57	Ni 1,56	Ba 1,55	Sr 1,26
Бл 2/1	Rb 2,22	Y 1,68	Pb 1,50	Ga 1,46	Co 1,44	V 1,33							
Бл 2/2	Ba 1,10												
Бл 2/3	Zn 1,71	S 1,57	Rb 1,38	V 1,26	Cu 1,25	Sr 1,24	Ni 1,15	Ga 1,11	Th 1,08				
Бл 2/4	Ba 2,62	Ga 1,01											
Бл 2/5 0	Pb 1,48	Zn 1,47	U 1,35	S 1,17	Cu 1,15	V 1,08	Th 1,06						
Бл 2/6 0	U 1,63	S 1,45	Ni 1,43	Ga 1,41	Cr 1,23	Th 1,21	Cu 1,16	Sr 1,15					
Бл 2/8 0	Y 2,56	Rb 2,16	Zn 1,55	Ga 1,46	Pb 1,34	V 1,22	Cr 1,13	Cu 1,12	Ba 1,09	S 1,01			
Бл 3/0	Ba 3,84	Sr 1,33	Ga 1,10	Th 1,08									
Бл 3/1	Ba 1,65	Co 1,09											
Бл 3/2	Co 1,43	U 1,21											
Бл 3/3	U 1,34	Zn 1,21											
Бл 3/4	Rb 1,65	Pb 1,48	Zn 1,42	U 1,36	Cr 1,34	Cu 1,31	S 1,20	Sr 1,20					
Бл 3/5 0	Y 1,12	Pb 1,11	S 1,06										
Бл 3/6	Rb 2,33	Zn 1,67	S 1,45	U 1,10	Ni 1,06	Th 1,06	Cr 1,02						
Бл 3/7 0	Zn 1,26	S 1,17	Ba 1,11	Cr 1,07	U 1,02								
Бл 4/0 0	Ba 3,51	Y 1,44	Co 1,19	Ni 1,15									
Бл 4/1 0	Ba 2,12	Y 1,87	Cr 1,28	Pb 1,27	Rb 1,11	Th 1,07	Co 1,02	Ni 1,01					
Бл 4/2 0	Zn 1,76	Y 1,66	Ni 1,50	Cu 1,49	Ba 1,46	Pb 1,31	Co 1,17	Sr 1,12					
Бл 4/3 0	Rb 2,49	Y 2,49	Pb 1,78	Ga 1,70	Zn 1,60	Cu 1,53	V 1,51	Cr 1,42	Ni 1,37	Co 1,27	Ba 1,20	Th 1,18	Sr 1,01

Бл 4/4 0	Zn 2,08	S 1,52	Th 1,21	Co 1,0 6	Cr 1,0 1										
Бл 4/5 9	Zn 2,26	S 1,81	Pb 1,49	Th 1,4 6	V 1,4 4	Ni 1,3 2	Cr 1,1 9	U 1,1 9	Cu 1,1 8	Y 1,1 3	Sr 1,0 6				
Бл 4/6 0	S 1,61	U 1,33	V 1,31	Rb 1,3 1	Sr 1,1 3	Cr 1,1 2	Th 1,1 2	Co 1,0 5							
Бл 4/7 0	Pb 1,71	Zn 1,65	U 1,36	Th 1,3 0	Cu 1,2 9	Sr 1,2 6	Co 1,1 8	Ga 1,1 6	V 1,0 9	Ni 1,0 1					
Бл 5/1 Дуб	Ba 2,58	Ni 1,05													
Бл 5/2 Дуб	Ba 1,59														
Бл 5/3 0	Y 2,81	Rb 1,62	Co 1,44	Ga 1,4 3	Ni 1,3 1	Zn 1,1 7	Sr 1,1 4	Cu 1,1 0	U 1,0 7	S 1,0 3	V 1,0 3				
Бл 5/4 0	Rb 2,47	Co 1,34	Ga 1,26	S 1,2 2	Sr 1,1 2	V 1,1 0	U 1,0 7	Y 1,0 3							
Бл 5/5 0	Co 2,37	Rb 2,28	Zn 1,81	Cr 1,6 4	Cu 1,6 1	Ba 1,6 0	Ni 1,5 5	Sr 1,4 8	Th 1,1 8	U 1,0 9					
Бл 5/6 0	Pb 6,02	Rb 3,38	Y 2,76	U 1,6 6	S 1,5 8	Co 1,4 7	Cr 1,4 0	V 1,3 1	Ni 1,3 0	Cu 1,2 4	Ga 1,2 0	Th 1,1 7	Ba 1,0 9		
Бл 5/7 0	Y 4,69	Rb 2,40	Cu 2,02	Co 1,9 3	Ba 1,7 1	Zn 1,5 8	Ga 1,5 7	Ni 1,5 6	Pb 1,4 9	Sr 1,3 9	Cr 1,3 7	V 1,3 3	U 1,1 4		
Бл 6/2 0	Pb 2,95	Rb 2,02	Y 1,62	Co 1,6 1	Ba 1,5 5	Cr 1,3 4	Ga 1,3 3	V 1,2 4	Cu 1,1 9	Ni 1,1 3	Sr 1,1 2				
Бл 6/3 0	Rb 3,45	Y 1,77	V 1,68	Cr 1,6 0	S 1,3 8	U 1,3 4	Ni 1,3 3	Co 1,3 2	Ga 1,3 0	Sr 1,2 3	Th 1,2 1	Pb 1,0 8			
Бл 6/4 0	Y 2,48	Rb 2,15	Co 1,58	Cu 1,5 3	Cr 1,4 2	Pb 1,4 1	V 1,3 8	Ba 1,2 9	Sr 1,2 3	Ga 1,1 7	Th 1,1 7	Zn 1,1 3	U 1,1 1	Ni 1,03	
Бл 6/5 0	Rb 2,58	Y 1,93	Co 1,78	Ba 1,5 9	Pb 1,5 4	Cr 1,5 1	Ni 1,4 6	Cu 1,4 5	Sr 1,1 2	V 1,1 1	U 1,0 4				

Бл 6/6 0	Cu 2,12	Zn 1,87	Pb 1,46	Y 1,2 4	Ni 1,1 5	Ga 1,1 2	Sr 1,1 0	Th 1,0 9	V 1,0 7	Cr 1,0 5
Бл 6/7 0	Zn 1,64	Cu 1,43	Rb 1,30	Sr 1,2 6	Th 1,1 3	Cr 1,0 7	Ba 1,0 6	V 1,0 2		
Бл 6/8 0	Zn 1,26	Cu 1,20	U 1,20	Ga 1,1 5	Pb 1,0 2					

Для интегральной оценки соотношения концентраций элементов в листьях рассчитаны аддитивные показатели концентрации элементов по формуле [69]:

$$Agi = (\sum Kc(>1))/n ,$$

где Kc – коэффициент концентрации элементов >1 ;

n – число таких элементов. Результаты представлены в таблицах 9-10.

Таблица 9 – Значения аддитивных показателей элементов в листьях тополя, г. Благовещенск 2013 г.

№ пробы	Agi	№ пробы	Agi	№ пробы	Agi	№ пробы	Agi
T 0/6	1,48	T2-0	2,73	T3/4	1,93	T5-2	1,90
T 0/7	2,70	T2-1	2,07	T3-5	1,50	T 5/3	1,32
T1-0	2,29	T 2/2	1,82	T3-6	2,03	T5-4	3,00
T 1/1	2,37	T2-3	1,22	T4-1	2,78	T5-5	1,62
T 1/2	2,52	T2-4	1,74	T 4/2	2,39	T 5/6	1,01
T1-3	1,70	T2-5	2,95	T4-3	1,51	T6-1	3,38
T 1/4	1,41	T 2/6	1,25	T4-4	2,49	T6-2	2,11
T1-5	1,96	T 3/1	1,53	T4-5	2,67	T6-3	2,90
T1-6	2,42	T 3/2	2,20	T4-6	1,37	T6-4	1,18
T 1/7	2,18	T 3/3	1,22	T5-1	1,43	T6-5	1,71

Таблица 10 – Значения аддитивных показателей элементов в листьях тополя, г. Благовещенск 2019 г.

№ пробы	Agi	№ пробы	Agi	№ пробы	Agi
Бл 0/7 0	1,89	Бл 3/0	1,84	Бл 4/7 0	1,30
Бл 1/2	1,02	Бл 3/1	1,37	Бл 5/1 Дуб	1,81
Бл 1/3	1,19	Бл 3/2	1,32	Бл 5/2 Дуб	1,59
Бл 1/4	1,19	Бл 3/3	1,28	Бл 5/3 0	1,38
Бл 1/5 0	1,30	Бл 3/4	1,37	Бл 5/4 0	1,33
Бл 1/6	1,60	Бл 3/5 0	1,10	Бл 5/5 0	1,66

№ пробы	Аgi	№ пробы	Аgi	№ пробы	Аgi
Бл 1/7	1,25	Бл 3/6	1,38	Бл 5/6 0	1,97
Бл 1/8	2,17	Бл 3/7 0	1,12	Бл 5/7 0	1,86
Бл 2/1	1,61	Бл 4/0 0	1,82	Бл 6/2 0	1,55
Бл 2/2	1,10	Бл 4/1 0	1,34	Бл 6/3 0	1,56
Бл 2/3	1,31	Бл 4/2 0	1,43	Бл 6/4 0	1,43
Бл 2/4	1,82	Бл 4/3 0	1,58	Бл 6/5 0	1,56
Бл 2/5 0	1,25	Бл 4/4 0	1,38	Бл 6/6 0	1,33
Бл 2/6 0	1,33	Бл 4/5 9	1,41	Бл 6/7 0	1,24
Бл 2/8 0	1,46	Бл 4/6 0	1,25	Бл 6/8 0	1,17

4.5.1 Расчет коэффициента биогеохимической трансформации

Коэффициент биогеохимической трансформации отражает нарушение естественных пропорций микроэлементов в растительных органах, которые характерны для их развития и фазы жизненного цикла. Он количественно определяет дисбаланс микроэлементов, возникающий при увеличении воздействия человеческой деятельности [17]. Поскольку растения отвечают на изменения в окружающей среде как накоплением, так и рассеиванием микроэлементов, это объясняется изменениями в активности биологических процессов.

Для эколого-геохимической оценки территории рассчитан коэффициент биогеохимической трансформации Zv :

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

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

Коэффициент рассеяния – это величина обратная коэффициенту концентрации, представляющая собой отношение среднего содержания элемента к его медианному содержанию в пробе:

$$K_p = C_k / C,$$

где C_k – медианное содержание элемента в пробе, мг/кг;

C – содержание элемента в пробе, мг/кг.

Уровни интегрального показателя Z_v и экологической опасности приведены согласно градации Власова Д. В. «Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного округа Москвы» [14]:

- «<15 – низкий, неопасный;
- 15-25 – средний, умеренно опасный;
- 25-35 – высокий, опасный;
- 35-45 – очень высокий, очень опасный;
- >45 – максимальный, чрезвычайно опасный».

Результаты расчётов представлены в таблицах 11-12.

Таблица 11 - Значения коэффициентов биогеохимической трансформации в листьях тополя 2013 г.

№ пробы	Z_v	Уровень биогеохимической трансформации растений	№ пробы	Z_v	Уровень биогеохимической трансформации растений
T 0/6	7,3	низкий	T3/4	12,8	низкий
T 0/7	30,9	высокий	T3-5	21,8	средний
T1-0	12,3	низкий	T3-6	12,7	низкий
T 1/1	14,3	низкий	T4-1	24,9	средний
T 1/2	12,6	низкий	T 4/2	18,1	средний
T1-3	7,5	низкий	T4-3	6,6	низкий
T 1/4	23,1	средний	T4-4	19,4	средний
T1-5	11,8	низкий	T4-5	22,0	средний
T1-6	21,7	средний	T4-6	6,5	низкий
T 1/7	28,9	высокий	T5-1	21,1	средний
T2-0	17,1	средний	T5-2	24,9	средний
T2-1	10,0	низкий	T 5/3	5,3	низкий
T 2/2	11,8	низкий	T5-4	26,1	высокий
T2-3	25,2	высокий	T5-5	23,6	средний
T2-4	24,8	средний	T 5/6	18,7	средний
T2-5	29,7	высокий	T6-1	32,4	высокий
T 2/6	4,4	низкий	T6-2	15,9	средний
T 3/1	6,1	низкий	T6-3	27,3	высокий
T 3/2	15,4	средний	T6-4	24,4	средний
T 3/3	23,8	средний	T6-5	9,8	низкий

Таблица 12 - Значения коэффициентов биогеохимической трансформации в листьях тополя 2019 г.

№ пробы	Zv	Степень биогеохимической трансформации растений	№ пробы	Zv	Степень биогеохимической трансформации растений
Бл 0/7 0	14,6	низкий	Бл 4/0 0	30,8	высокий
Бл 1/2	11,9	низкий	Бл 4/1 0	13,6	низкий
Бл 1/3	22,4	средний	Бл 4/2 0	6,7	низкий
Бл 1/4	13,2	низкий	Бл 4/3 0	9,6	низкий
Бл 1/5 0	8,6	низкий	Бл 4/4 0	14,2	низкий
Бл 1/6	7,3	низкий	Бл 4/5 9	9,4	низкий
Бл 1/7	4,3	низкий	Бл 4/6 0	7,2	низкий
Бл 1/8	24,9	средний	Бл 4/7 0	4,6	низкий
Бл 2/1	7,9	низкий	Бл 5/1 Дуб	38,6	очень высокий
Бл 2/2	19,0	средний	Бл 5/2 Дуб	19,1	средний
Бл 2/3	6,2	низкий	Бл 5/3 0	5,5	низкий
Бл 2/4	9,1	низкий	Бл 5/4 0	9,6	низкий
Бл 2/5 0	5,7	низкий	Бл 5/5 0	23,9	средний
Бл 2/6 0	8,9	низкий	Бл 5/6 0	13,8	низкий
Бл 2/8 0	6,5	низкий	Бл 5/7 0	12,7	низкий
Бл 3/0	15,4	средний	Бл 6/2 0	8,0	низкий
Бл 3/1	46,5	максимальный	Бл 6/3 0	8,0	низкий
Бл 3/2	20,0	средний	Бл 6/4 0	7,1	низкий
Бл 3/3	14,1	низкий	Бл 6/5 0	8,5	низкий
Бл 3/4	24,6	средний	Бл 6/6 0	4,8	низкий
Бл 3/5 0	9,5	низкий	Бл 6/7 0	9,2	низкий
Бл 3/6	11,1	низкий	Бл 6/8 0	7,9	низкий
Бл 3/7 0	16,1	средний			

4.5.2 Распределение значений коэффициента биогеохимической трансформации Zv

По рассчитанному коэффициенту биогеохимической трансформации Zv были построены ореолы распределения величин коэффициента, представленные на рисунке 26.

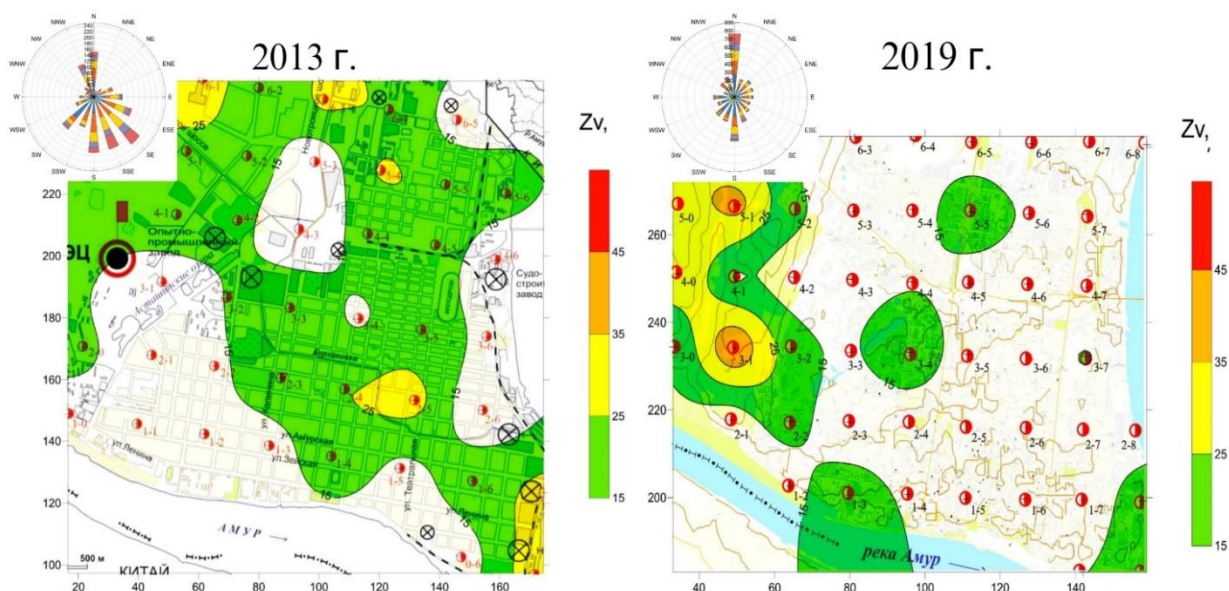


Рисунок 26 – Распределение величин коэффициента биогеохимической трансформации Z_v химических элементов в листьях тополя

В 2013 году радиоактивные элементы сосредоточены вдоль правого берега реки Зeya, особенно в районе промышленной зоны с постоянными выбросами. Высокие концентрации также обнаружены на севере города и его окраинах, где жилые районы соприкасаются с бывшими сельскохозяйственными угодьями в поселке Чигири.

В 2019 году максимальные значения коэффициента Z_v зафиксированы на западе города, где находится Благовещенская ТЭЦ, использующая в основном уголь из Еркувецкого месторождения. Ежегодные выбросы от ТЭЦ составляют до 80% от общего объема выбросов в городе, при этом для печного отопления и работы котельных также используется уголь из Райчихинского месторождения [54].

В целом урбанизированная территория г. Благовещенска характеризуется низким, экологически неопасным уровнем биогеохимической трансформации. Максимальные значения коэффициента, соответствующие высокому и опасному уровням, установлены в районе золоотвала ТЭЦ в 2019 году.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве объектов эколого-геохимических исследований на территории г. Благовещенск выбраны листья тополя (*Populus balsamifera L.*)

На территории г. Благовещенска отбор проб листвы проводили в начале осени 2013 и 2019 гг. по равномерной площадной сети в масштабе 1:100000 (шаг опробования 1 × 1 км). На территории города в 2013 г. всего отобрано 40 проб листьев тополя, в 2019 г. – 46 проб.

Листья отбирали методом средней пробы из нижней внешней части кроны по окружности на высоте 1,5-2 м от поверхности земли с примерно одновозрастных деревьев. Виды и объем работы представлены в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Технический план 2013 г.

Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
	Ед. изм.	Кол-во		
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	40	Отбор проб листьев тополя осуществляется на территории г. Благовещенска	Бумажные (крафт) пакеты
Проведение маршрута	км	47	Проведение маршрута	Ручка
Камеральные работы, с использованием ЭВМ	проба	40	Обработка баз данных Построение картосхем Построение графиков	ПК

Таблица 14 – Технический план 2019 г.

Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
	Ед. изм.	Кол-во		
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	46	Отбор проб листьев тополя осуществляется на территории г. Благовещенска	Бумажные (крафт) пакеты
Проведение маршрута	км	54	Проведение маршрута	Ручка
Камеральные работы, с использованием ЭВМ	проба	46	Обработка баз данных Построение картосхем Построение графиков	ПК

Полевые работы. Во время полевого периода производился отбор проб листьев тополя в начале осени в 2013 и 2019 гг.

Лабораторные работы. Элементный анализ производился подрядчиком методом РФА на спектрометре Lab Center XRF-1800 фирмы Shimadzu (Япония) в ЦКП «Амурский центр минералого-геохимических исследований» Института Геологии и Природопользования ДВО РАН.

Камеральные работы включают подготовку проб, анализ результатов и обработку данных для создания отчета согласно техническому заданию и стандартам эколого-геохимических исследований.

Расчет затрат времени определен с помощью «Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и «СН-93 выпуск 2 «Геоэкологические работы»» [93].

Расчет затрат времени производится по формуле:

$$N=Q*H_{ВР}*K,$$

где N-затраты времени, Q-объем работ, $H_{ВР}$ - норма времени, K - коэффициент за ненормализованные условия [93].

Результаты расчетов затрат времени по видам планируемых работ представлены в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 – Затраты времени по видам работ за 2013 г.

Вид работ	Объем		Норма времени, Н	Коэф-т, К	Нормативный документ	Итого времени на объем
	Ед. изм.	Кол-во (Q)				
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проб	40	0,0448	1	СН, вып. 2, табл. 41	1,792
Проведение маршрутов	км	47	0,101	1	СН, вып. 2, табл. 44	4,747
Камеральные работы, с использованием ЭВМ	проб	40	0,0337	1	СН, вып. 2, табл. 61	1,348
Итого						7,887

Таблица 16 – Затраты времени по видам работ за 2019 г.

Вид работ	Объем		Норма времени, Н	Коэф-т, К	Нормативный документ	Итого времени на объем
	Ед. изм.	Кол-во (Q)				
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проб	46	0,0448	1	ССН, вып. 2, табл. 41	2,061
Проведение маршрутов	км	54	0,101	1	ССН, вып. 2, табл. 44	5,454
Камеральные работы, с использованием ЭВМ	проб	46	0,0337	1	ССН, вып. 2, табл. 61	1,550
Итого						9,065

Результаты расчетов затрат времени по сотрудникам представлены в таблицах 17 и 18.

Таблица 17 – Затраты времени по сотрудникам 2013 г.

Вид работ	Тобщ	геоэколог	рабочий
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	3,584	1,792	1,792
Проведение маршрута	9,494	4,747	4,747
Камеральные работы, с использованием ЭВМ	1,348	1,348	-
Итого	14,47	7,887	6,539

Таблица 18 – Затраты времени по сотрудникам 2019 г.

Вид работ	Тобщ	геоэколог	рабочий
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	4,122	2,061	2,061
Проведение маршрута	10,91	5,454	5,454
Камеральные работы, с использованием ЭВМ	1,550	1,550	-
Итого	16,58	9,065	7,515

Нормы расхода материалов определяются согласно « ССН, вып. 2 «Геоэкологические работы»» [93].

Расчет затрат материалов для камерального периода осуществлялся на

основе средней рыночной стоимости необходимых материалов и их количества. Результаты в таблицах 19.

Таблица 19 – Расход материалов на проведение исследований за 2013 и 2019 гг.

Наименование и характеристика изделия	Цена, руб.	Норма расхода материала (шт.) общ.время работы - 2 месяца	Сумма, руб.
Блокнот малого размера	50	4	200
Фломастер	50	8	400
Карандаш простой	15	4	60
Ручка шариковая (без стержня)	10	4	40
Стержень для ручки шариковой	5	10	50
Папка для бумаг	20	8	160
Резинка ученическая	10	1	20
Линейка чертежная	40	2	80
Итого			1010

Величина заработной платы зависит от ставки заработной платы и количества отработанных часов, причем учитываются дополнительные премии и местный коэффициент. Это формирует общий фонд заработной платы. Дополнительные выплаты также учитываются при формировании общего фонда. Финальная сумма для оплаты труда всех сотрудников рассчитывается с учетом страховых взносов, затрат на материалы, амортизацию оборудования, командировочные и резервные средства. Расчет заработной платы представлен в таблицах 20-21.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * Т * К,$$

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

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП},$$

где ФЗП – фонд заработной платы (руб.) [93].

Дополнительная оплата составляет 7,9% от базовой заработной платы и используется для формирования отпускного фонда.

Таблица 20 – Расчет оплаты труда 2013 г.

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:					
геоэколог	1	чел-см	7,887	692	5142
рабочий	1	чел-см	6,539	360	2354
И Т О Г О:	2		14,47		7496
Дополнительная зарплата	7,9%				592
И Т О Г О:					8088
И Т О Г О: с р.к.=	1,3				10514
Страховые взносы	30,0%				3154
И Т О Г О основных расходов					13688

Таблица 21 – Расчет оплаты труда 2019 г.

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:					
геоэколог	1	чел-см	9,065	823	7460,5
рабочий	1	чел-см	7,515	428	3216
И Т О Г О:	2		16,58		10676,5
Дополнительная зарплата	7,9%				843
И Т О Г О:					11519,5
И Т О Г О: с р.к.=	1,3				14975,4
Страховые взносы	30,0%				4492,6
И Т О Г О основных расходов					19468

ИТОГО основных расходов за 2013 и 2019 гг. – **33156.**

Элементный анализ производился подрядчиком методом РФА на спектрометре Lab Center XRF-1800 фирмы Shimadzu (Япония) в ЦКП «Амурский центр минералого-геохимических исследований» Института

Геологии и Природопользования ДВО РАН. Затраты на подрядные работы представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты на подрядные работы

Год	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб./пробу	Итого
2013	Рентгенофлуоресцентный анализ растений	40	550	22000
2019	Рентгенофлуоресцентный анализ растений	46	550	25300
Итого				47300

Расчет общей сметной стоимости составляется с использованием типовой формы. Основой для всех вычислений являются основные издержки, связанные с выполнением работ. Общий расчет сметной стоимости представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Общий расчет сметной стоимости работ

	Ед. изм.	Кол-во	Единичная расценка	Полная сметная стоимость, руб.
I Основные расходы				
Материальные затраты			1010	
Затраты на оплату труда (со страх. взносами)			33156	
Итого основных расходов (ОР):			34166	
II Накладные расходы (НР)	%	10	от ОР	3416,6
Итого основных и накладных расходов(ОР+НР):			37582,6	
III Плановые накопления	%	15	от (НР+ОР)	5637,39
IV Подрядные работы (РФА)			47300	
V Резерв	%	3	от ОР	1024,98
Итого сметная стоимость				91544,97
НДС	%	20		18308,99
Итого с учетом НДС:				109854

Расходы на проведение полевых работ по оценке экологического состояния территории города Благовещенска на основе анализа химического состава листьев тополя за два года составили **109854 рублей с учетом НДС**.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

В данной главе рассматриваются виды работ и параметры производственного процесса «камерального» этапа обработки информации на персональном компьютере (ПЭВМ) (обработка баз данных, набор текста и т.д.) в закрытом помещении.

Цель – проанализировать вредные и опасные факторы производственной деятельности, возникающие при данном виде работ, и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Так как данная выпускная квалификационная работа написана в ходе прохождения производственной и преддипломной практик, в первую очередь необходимо следовать «Инструкции №63 по охране труда для сотрудников и лиц, обучающихся в АмГУ на геологоразведочных, геологосъемочных, геологопоисковых, археологических работах, на учебных, производственных практиках, при выполнении научно-исследовательских работ и других видов в полевых условиях» [88].

Требования, согласно этой инструкции, следующие:

- к геологоразведочным, геологосъемочным и геологопоисковым работам допускаются лица не моложе 16 лет. К работам в ненаселенных, горнотаежных, высокогорных районах допускаются лица не моложе 18 лет.

- сотрудники и студенты АмГУ, выезжая на участки должны пройти предварительный медицинский осмотр с учетом профиля условий их работы, а также должны поставить прививки против вирусаклещевое энцефалита, что также отмечается и в документах по Охране труда [78].

- к самостоятельной работе по профессии допускают лиц после прохождения обучения, проведения всех видов инструктажей и сдачи экзаменов по охране труда, в том числе и по совмещаемым профессиям.

- до начала самостоятельной работы сотрудники и студенты АмГУ должны быть обучены пользованию средствами противопожарной безопасности на участке работ [92].

- в полевых условиях, как в процессе работы, так и в часы досуга, сотрудники и студенты АмГУ обязаны соблюдать производственную дисциплину и установленные в подразделении правила внутреннего трудового распорядка.

- ручной инструмент, используемый в работе, должен содержаться в чистоте и исправности. При переноске и перевозке колющего и режущего инструмента должны применяться чехлы, обвязка, перевязка.

- во время перерывов в работе запрещается располагаться на траве, в кустарнике и других не просматриваемых местах, вблизи работающего оборудования, смонтированного на транспортных средствах или обслуживаемого ими [92]

- запрещается отлучаться с места выполнения работ из полевого лагеря без разрешения руководителя работ.

Проведение маршрутов:

- каждый сотрудник и студент АмГУ должен: выполнять все указания руководителя; иметь при себе спички в непромокаемом чехле; быть предельно собранным и внимательным при передвижении в маршруте.

- запрещается выходить в маршрут: в одиночку, в штормовой ветер, при обильном выпадении осадков, густом тумане, в состоянии недомогания (болезнь, физическое переутомление, без снаряжения и средств охраны труда, предусмотренных для данной местности и условий работ).

- при движении в составе маршрутной группы должна поддерживаться зрительная или голосовая связь для оказания взаимной помощи в случае каких-либо происшествий [90].

- перед началом полевых работ в горно-таежной местности сотрудники и студенты АмГУ должны усвоить правила пользования снаряжением, освоить приемы само- и взаимострахования при работе и передвижении.

-при работе на крутых склонах (более 30 градусов) необходимо страховаться предохранительным поясом к надежной опоре.

- при движении по залесенной местности или через кустарник во избежание травмирования ветками расстояние между идущими должно быть не менее 3 метров.

-подъем и спуск по крутым склонам и осыпям должен производиться зигзагами (серпантином). Подъем прямо вверх (в лоб) запрещается. В случае вынужденного движения таким способом необходимо держаться на максимально близком расстоянии друг от друга.

-подъем по крутым склонам (более 30 градусов) должен производиться с обязательной взаимостраховкой, а в особо трудных случаях - с применением страховочной веревки.

- при движении по осыпям и скалам следует иметь ввиду возможность внезапного срыва сверху камней. В таких местах, особенно в узких ущельях и под нависшими каменными глыбами запрещается кричать, стрелять.

- запрещается самовольно входить в пещеры, спускаться в карстовые воронки, входить в заброшенные горные выработки.

- при движении и работе в горах запрещается сбрасывать или скатывать вниз по склону камни, глыбы [90].

-отбивать образцы горных пород и отбирать пробы разрешается только с мест, указанных руководителем. Отбор образцов, проб следует производить в предохранительных очках или способом, исключающим возможность попадания отбитых осколков пород в лицо.

-при работе в заболоченной местности кочковатые болота следует переходить по кочкам и с шестом.

-при переходе опасных топких мест следует делать настилы из подручного материала.

-по целине болот необходимо передвигаться след в след с -интервалом между идущими 2 - 3 метра с применением шестов, веревок, "медвежьих лап" и т.п. По торфяным болотам с малой -прочностью верхнего слоя ходьба след в след не допускается.

-оказывать помощь провалившемуся в трясину следует с устойчивого места путем подачи шестов, веревок и других подручных средств.

- передвижение в районах развития карста и на площадях ранее разрабатываемых месторождений и работа в них могут производиться только под непосредственным наблюдением руководителя работ.

-переправы вброд пешком допускаются при глубине реки до 0,7 м. и скорости течения до 1 м/сек., или при глубине реки 0,5 м, и скорости течения 2 - 3 м/сек. Переход рек при больших скоростях течения или при больших глубинах допускается по временным переправам (навесным мостам). Переправы вброд производятся с применением охранных средств - шестов, веревок.

- к охранный веревке, канату необходимо привязываться вспомогательным шнуром со скользящей петлей.

- переправы при температуре ниже 12 градусов могут быть допущены только при небольшой ширине реки.

- переправы вброд верхом на лошадях и оленях допускаются при глубине реки до 1,3 м. и скорости течения до 2 м/сек. или при глубине реки до 0,8 м. и скорости течения 3 - 4 м/сек.

- переправы запрещаются: в одиночку; в неблагоприятных погодных условиях (сильные осадки, туман, сильный ветер); в темное время суток; в период паводков; на участках с быстрым и бурным течением; перепрыгиванием по плывущим льдинам, бревнами; выступающим из-под воды камням и т.п.; без соблюдения необходимых мер страховки.

-рабочие должны соблюдать: чистоту и порядок на территории полевого лагеря, жилых-производственных помещениях; личную гигиену; чистоту спецодежды и спальных принадлежностей; оберегать источники водообеспечения от попадания в них мусора и нечистот; оберегать продовольствие от возможного заражения грызунами; чистоту при приготовлении пищи.

-костры на территории полевого лагеря разрешается разводить с подветренной стороны на расстоянии не менее 10 метров от палатки с разрешения руководителя.

- запрещается разводить костры: в хвойных молодняках, горельниках, лесосеках с порубочными остатками, торфяниках, камышах, под кронами деревьев, ближе 50 м. от строений, скирд сен и соломы. Разведение костров допускается на площадках, окаймленных минерализованной полосой шириной не менее 0,5 м. За костром должен быть установлен постоянный надзор. По окончании пользования костер должен быть засыпан землей или залит водой до полного прекращения тления.

- в помещениях полевого лагеря (строениях, палатках запрещается оставлять без присмотра зажженные фонари, свечи горящие печи и обогревательные приборы.

- при работе в лесных и степных районах запрещается бросать непотушенные спички [78, 90].

Камеральный этап заключается в обработке информации на персональном компьютере (ПЭВМ) (обработка баз данных, набор текста и т.д.) в закрытом помещении. При работе на ПЭВМ необходимо следовать «Инструкция по охране труда при работе на персональныхэлектронно-вычислительных машинах (ПЭВМ)Ин от 10-2016» [89].

Согласно этой инструкция, необходимо соблюдать следующие требования:

Общие требования безопасности:

-к самостоятельной работе с ПЭВМ допускаются лица в возрасте не моложе 17 лет, обязательный медицинский осмотр и инструктаж по охране труда.

- пользователи ПЭВМ должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

- при работе с ПЭВМ возможно воздействие на работающих следующих опасных и вредных производственных факторов:

ионизирующие и неионизирующие излучения видеотерминалов;

поражение электрическим током при работе на оборудовании без защитного заземления, а также со снятой задней крышкой видеотерминала [91].

зрительное утомление, а также неблагоприятное воздействие на зрение мерцаний символов и фона при неустойчивой работе видеотерминала, нечеткое изображение на экране.

- помещение с ПЭВМ должно быть оснащено медицинской аптечкой первой помощи, системой кондиционирования воздуха или вытяжной вентиляцией.

- пользователи ПЭВМ обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Помещение ПЭВМ должно быть оснащено двумя углекислотными огнетушителями и автоматической системой пожарной сигнализации [92].

- о каждом несчастном случае с работником пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить преподавателю. При неисправности оборудования прекратить работу и сообщить преподавателю.

- в процессе работы пользователи ПЭВМ должны соблюдать правила использования средств индивидуальной и коллективной защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

- в процессе работы неукоснительно выполнять все указания преподавателя, руководящего занятиями, в части соблюдения правил техники безопасности эксплуатации электроустановок.

Требования безопасности перед началом работы:

- тщательно проветрить помещение с ПЭВМ, убедиться, что микроклимат в помещении находится в допустимых пределах: температура воздуха в холодный период года - 22-24°C, в теплый период года - 23-25°C, относительная влажность воздуха-40-60% %.
- убедиться в наличии защитного заземления оборудования.
- включить видеомониторы и проверить стабильность и четкость изображения на экранах.

Требования безопасности во время работы:

- при работе с ПЭВМ значения визуальных параметров должны находиться в пределах оптимального диапазона.
- клавиатуру располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю.
- тетрадь для записей располагается на подставке с наклоном 12-15° на расстоянии 55-65 см от глаз, которая должна быть хорошо освещена.
- при работающем видеотерминале расстояние от глаз до экрана должно быть 0,6-0,7 м, уровень глаз должен приходиться на центр экрана или на 2/3 его высоты.
- изображение на экранах видеомониторов должно быть, с обильным, ясным и предельно четким, не иметь мерцаний символов и фона, на экранах не должно быть бликов отражений светильников, окон и окружающих предметов.
- суммарное время непосредственной работы с ПЭВМ в течение рабочего дня должно быть не более 6 часов, для преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, учителей общеобразовательных школ- не более 4 часов в день.
- продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов. Через каждый

час работы следует делать регламентированный перерыв продолжительностью 15 мин [78].

- во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития познотонического утомления следует выполнять комплексы упражнений для глаз, физкультурные минутки и физкультурные паузы.

Требования безопасности в аварийных ситуациях:

- в случае появления неисправности в работе видеотерминала выключить его, сообщить об этом администрации учреждения. Работу продолжать только после устранения возникшей неисправности.

- в случае возникновения у пользователя зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений следует ограничить время работы с ПЭВМ, провести коррекцию длительности перерывов для отдыха или провести смену деятельности на другую, не связанную с использованием ПЭВМ.

- при поражении пользователя электрическим током немедленно отключить электросеть, оказать первую помощь пострадавшему, при необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение.

Требования безопасности по окончании работы:

- выключить ПЭВМ, очистить их экраны от пыли.
- тщательно проверить помещение с ПЭВМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Город Благовещенск является административным центром Амурской области. Уникальность физико-географического положения города, заключается в его расположении на государственной границе с Китаем (КНР). Напротив Благовещенска, на сопредельной территории через реку Амур, находится город Хэйхэ, провинция Хэйлунцзян. Существует проблема трансграничного загрязнения окружающей среды. Флора города включает 138 видов древесных растений. В рамках данного исследования был выбран тополь бальзамический (*Populus balsamifera L.*), который считается доминирующим видом аборигенной дендрофлоры города.

Экологическая обстановка на территории г. Благовещенска оценивается как напряженная. Техногенную нагрузку на окружающую среду города оказывают предприятия энергетики, жилищно-коммунального хозяйства, промышленные предприятия и автотранспорт.

В планировке города крайне не рационально расположены относительно друг друга территории селитебного и промышленного функционального назначения. Обеспеченность населения озелененными территориями общего пользования (природоохранный тип) неуклонно сокращается и не недопустимо минимальна в пределах урбанизированной застройки.

На территории г. Благовещенска действуют постоянный, устойчивый и прогрессивный типы загрязнения окружающей среды. Постоянный тип загрязнения обусловлен естественными процессами миграции и рассеивания вещества, связанным с петрогенным фактором (с геохимическими особенностями горных пород). Устойчивый тип вызван долговременным воздействием стационарных источников эмиссии техногенного вещества и связан с функционированием ТЭЦ, золоотвала, котельных коммунального хозяйства, завода «Амурский металлист», судостроительного завода и других промышленных предприятий города.

Отбор биогеохимических проб проводился в 2013 и 2019 годах. Анализ проб осуществлялся спектрометром Lab Center XRF-1800 фирмы Shimadzu. Пробоподготовка для РФА выполнялась методом прессования сухих листьев в таблетки. Обработка аналитических данных заключалась в создании базы данных, расчете стандартных статистических параметров в программе Microsoft Excel.

Построена диаграмма размаха основных статистических параметров распределения химических элементов – медиана, минимум и максимум. Геохимические ряды построены по коэффициенту концентрации относительно референтного растения. В 2019 г произошло значительное увеличение среднего содержания Th, U, Zn, V, Ga, Co, Ba, Pb и уменьшение среднего содержания Cr и S по сравнению с 2013 г. Наибольшие коэффициенты концентрации определены у Th и U. Корреляционный анализ позволил определить взаимосвязи между химическими элементами и их силу. Кластерный анализ объединяет микроэлементы в группы по высоким значениям коэффициентов ранговой корреляции, а факторный анализ определяет влияние различных факторов на структуру их взаимосвязей. По результатам корреляционного и кластерного анализов выделены сильные значимые положительные корреляционные связи у ассоциации элементов U-Th-Cr-Pb.

В программе Сурфер были построены ореолы рассеяния элементов. Ореолы минимально аномальных содержаний Th и U в 2013 и 2019 гг. пространственно различаются; обусловлены, вероятно, влиянием геологических факторов (с учетом розы ветров) – «петрофонда», дефляции, эоловых процессов (2019 г.), а также техногенных факторов (2013 г).

Информативным биогеохимическим показателем, позволяющим проводить интегральную эколого-геохимическую оценку урбанизированных территорий, является коэффициент биогеохимической трансформации (Z_v), учитывающий сумму коэффициентов концентрации и коэффициентов рассеяния химических элементов $>1,0$.

Урбанизированная территория г. Благовещенска характеризуется в целом низким, экологически неопасным уровнем биогеохимической трансформации. Максимальные значения коэффициента, соответствующие высокому и опасному уровням, установлены в районе золоотвала ТЭЦ в 2019 году.

Сметная стоимость планируемых работ составит 109854 рублей с учетом НДС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Опубликованная

1. Алексеенко, В. А. Экологическая геохимия: Учебник / В. А. Алексеенко. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
2. Алексеенко, В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка / В. А. Алексеенко. – М.: Универ. Книга Логос, 2006. – 520 с.
3. Арбузов, С. И. Геохимия и металлоносность углей Красноярского края / С. И. Арбузов [и др.]. – Томск: STT, 2008. – 300 с.
4. Арбузов, С. И. Радиоактивные элементы (U, Th) в углях / С. И. Арбузов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2013. – 62 с.
5. Байгалиев, Б. Е. Экологический мониторинг растительного покрова в окрестности предприятий топливно-энергетического комплекса, использующих твердое топливо / Б. Е. Байгалиев, А. А. Шайхутдинова // Экология и промышленность России. – 2011. - 59 с.
6. Бакулин, В. Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы / В. Т. Бакулин // Сибирский экологический журнал. - 2005. – 571 с.
7. Барановская, Н. В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем / Н. В. Барановская. - Томск, 2011. – 46 с.
8. Баргальи, Р. Биогеохимия наземных растений / Р. Баргальи. – М.: ГЕОС, 2005. – 457 с.
9. Батян, А. Н. Основы общей и экологической токсикологии / А. Н. Батян, Г.Т. Фруммин, В.Н. Базылев. – СПб.: Спец-Лит, 2009. – 352 с.

10. Бёккер, Ю. Спектроскопия / Ю. Бёккер. – М.: Техносфера, 2009. – 528 с.
11. Бобылев, С. Н. Устойчивое развитие: методология и методика измерения / С. Н. Бобылев. – М.: Экономика, 2011. – 358 с.
12. Борисова, И. Г. К ретроспективному анализу ландшафта и дендрофлоры Благовещенска (Амурская область) / И. Г. Борисова, М.Г. Иванчикова // Растения в муссонном климате: материалы IV научной конференции. – Владивосток. – БСИ ДВО РАН. – 2007. – 418 с.
13. Бородина, Н. А. Аккумуляция тяжелых металлов хвоей сосны в урбоэкосистеме города Благовещенска / Н.А. Бородина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – 1962 с.
14. Власов, Д. В. Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного округа Москвы: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Д. В. Власов; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Москва, 2015. – 160 с.
15. Волостнов, А. В. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: Учебное пособие / А. В. Волостнов. – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 162 с.
16. Волох, А. А. Особенности микроэлементного состава атмосферного воздуха в зоне влияния различных типов производств / А. А. Волох, Б. А. Ревич // Экологогеохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 133 с.
17. Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М. А. Глазовской / под ред. Н. С. Касимова. – М. : АПР, 2012. – 600 с.
18. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
19. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2010 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2011. – 198 с.

20. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2011 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2012. - 198 с.

21. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2012 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2013. – 233 с.

22. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2013 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2014. – 241 с.

23. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2014 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2015. – 248 с.

24. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2015 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2016. – 283 с.

25. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2016 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2017. – 360 с.

26. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Амурской области за 2017 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2018. – 357 с.

27. Государственный доклад "Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2018 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2019. – 381 с.

28. Государственный доклад "Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2019 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2020. – 393 с.

29. Государственный доклад "Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2020 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2021. – 385 с.

30. Государственный доклад "Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2021 год": офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2022. – 388 с.

31. Государственный доклад «Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2022 год»: офиц. текст. – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2023. – 335 с.

32. Григорян, С. В. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / С. В. Григорян. – Москва: Недра, 1983. - 191 с.

33. Доровских, В. А. Микроэлементы в экосистемах Приамурья / В.А. Доровских [и др.]. - Благовещенск: Изд-во Амурская государственная медицинская академия, 2006. – 155 с.

34. Дорохова, Л. А. Устойчивое развитие Дальнего Востока: экологические аспекты / Л. А. Дорохова // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской студенческой научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 88 с.

35. Ершов, Ю. А. Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю. А. Ершов, Т. В. Плетнева. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.

36. Есенжолова, А. Ж. Биоиндикационная способность листьев древесных кустарниковых насаждений для оценки загрязнения среды тяжелыми металлами в зоне действия металлургического комплекса / А. Ж. Есенжолова, М. С. Панин // Экология и промышленность России. - 2013. – 53 с.

37. Зырин, Н. Г. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Н. Г. Зырин. – Москва: Московское отделение гидрометеоиздата, 1981. – 110 с.

38. Касимов, Н. С. Проблемы экогеохимии крупных городов / Н. С. Касимов [и др.] // Охрана и разведка недр. – 2012. – 13 с.
39. Катола, В. М. Загрязнения ртутью и сопутствующими элементами Верхнего Приамурья / В. М. Катола, В. И. Радомская, С. М. Радомский // Экология и промышленность России. – 2008. – 53 с.
40. Кельнер, Р. Аналитическая химия. Проблемы и подходы / Р. Кельнер. – М.: Мир, 2004. – 726 с.
41. Кондратьев, И. И. Атмосферный трансграничный перенос загрязняющих веществ из центров эмиссии восточной Азии на юг Дальневосточного региона России / И. И. Кондратьев // Вестник ДВО РАН. – 2008. – 112 с.
42. Коротаев, Г. В. Благовещенск: природа и экология / Г. В. Коротаев. – Благовещенск: БГПУ. – 1994. – 135 с.
43. Кузьменко, С.П. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Амуро-Зейская. Лист М-52-Х1V (Благовещенск). Объяснительная записка. – М.: ВСЕГЕИ, 1983.
44. Куимова, Н. Г. Эколого- геохимическая оценка аэротехногенного загрязнения урбанизированной территории по состоянию снежного покрова / Н. Г. Куимова // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - 2012. - 435 с.
45. Куимова, Н. Г. Оценка экологического состояния почв г. Благовещенска / Н. Г. Куимова, Л. П. Шумилова, Л. М. Павлова. – 2008. – 26 с.
46. Куликов, Б. Ф. Словарь камней-самоцветов / Б. Ф. Куликов. - Л.: Недра, 1989. - 168 с.
47. Любимов, В. Б. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях вдоль железнодорожных путей в условиях городского и сельского ландшафта / В. Б. Любимов [и др.] // Вестник БГУ. - 2011. – 56 с.
48. Мартынова, Ю. Благовещенский воздух не опасен для здоровья / Ю. Мартынова // Комсомольская Правда. – 2009. – 13 с.

49. Методические рекомендации по определению степени загрязнения городских почв и грунтов и проведению инвентаризации территорий, требующих рекультивации. - М.: ИМГРЭ, 2004, - 48 с.

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

51. Моисеенко, Н. В. Оценка экологического состояния места захоронения осадков сточных вод г. Благовещенска / Н. В. Моисеенко, Е. Н. Кулик, В. И. Радомская // Экология и промышленность России. – 2008. – 21 с.

52. Обухов, П.Ф. Минеральный состав и физические свойства природных вод в очаге урвской болезни / П. Ф. Обухов // Труды Благовещенского медицинского института. – 1957. – 12 с.

53. Павлова, Л. М. Высокотоксичные элементы в почвенном покрове на территории г. Благовещенска / Л. М. Павлова, В. И. Радомская, Д. В. Юсупов // Экология и промышленность России. – 2015. – 55 с.

54. Павлова, Л. М. Уран и торий в пылевых аэрозолях на трансграничной (Россия-Китай) урбанизированной территории / Л. М. Павлова [и др.] // Экологическая экспертиза, оценка и прогноз. – 2014. – 108 с.

55. Павлова, Л. М. Санитарно-фитопатологический анализ состояния древесно-кустарниковых насаждений на территории г. Благовещенска / Л. М. Павлова, Н. А. Тимченко // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – 44 с.

56. Петрук, Н. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М52 (Благовещенск). Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 496 с.

57. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): Учебное пособие / под. ред. К. А. Мальцева, С. С. Мухарамова. – Казань: Казанский университет, 2014. – 103 с.

58. Проект нормативов допустимого воздействия (НДВ) по бассейну реки Амур, Зeya. Федеральное агентство водных ресурсов РФ амурское бассейновое водное управление. - Хабаровск, 2012. – 119 с.

59. Радиоактивные элементы (торий, уран) в листьях тополя на урбанизированных территориях и их индикаторная роль / под. ред. Д. В. Юсупова, Л. П. Рихванова // Разведка и охрана недр. – 2019. – 68 с.

60. Радомская, В. И. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Благовещенск / В. И. Радомская, С. М. Радомский, Н. Г. Куимова // Вестник ДВО РАН. - 2008. – 36 с.

61. Радомская, В. И. Макрокомпонентный состав снежного покрова г. Благовещенска / В. И. Радомская // Вода: химия и экология. – 2014. – 98 с.

62. Радомская, В. И. Использование многомерного статистического анализа для исследования эколого-геохимических свойств почв г. Благовещенска / В. И. Радомская. - Казань: Естеств. науки, 2017. – 41 с.

63. Радомская, В. И. Техногенное загрязнение тяжелыми металлами территории г. Благовещенска / В. И. Радомская, С. М. Радомский // Мониторинг природных экосистем: Сборник статей всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 159 с.

64. Радомский, С. М. Влияние ртутного загрязнения на здоровье населения Амурской области / С. М. Радомский, В. И. Радомская // Информатика и системы управления. – 2007. – 79 с.

65. Радомский, С. М. Экологические проблемы золошлакоотвала Благовещенской ТЭЦ / С. М. Радомский [и др.] // ЭКиП. – 2004. – 31 с.

66. Радомский, С. М. Токсичные металлы в элементах биогеоценозов реки Амур / С. М. Радомский, В. И. Радомская, В. М. Катола // Проблемы региональной экологии. – 2007. – 42 с.

67. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / под. ред. Н. С. Касимова. – Москва, 2014. – 560 с.

68. Рихванов, Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде / Л. П. Рихванов [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – 136 с.

69. Рихванов, Л. П. Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем / Л. П. Рихванов [и др.] // Экология и промышленность России. - 2015. – 63 с.

70. Ртуть в окружающей среде. Учебное пособие. – Благовещенск: ДальГАУ, 2001. – 41 с.

71. Саэт, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др.]. - М.: Недра, 1990. – 335 с.

72. Сегренев, А.С. Модификация растительных стандартных образцов для определения элементного состава золы методом РФА / А. С. Сегренев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – 10с

73. Смирнов, В. Т. Гигиеническая оценка влияния сточных вод г. Благовещенска на санитарное состояние реки Амур / В. Т. Смирнов – Благовещенск, 2004. – 140 с.

74. Сорокина, О. И. Тяжелые металлы в ландшафтах г. Улан-Батора / О. И. Сорокина. - М., 2013. - 144 с.

75. Сочава, В. Б. Ботанико-географическое соотношение в бассейне Амура / В. Б. Сочава // Амурская тайга (комплексные ботанические исследования). – Л. – 1969. – 15 с.

76. Старченко, В. М. Дендрофлора города Благовещенска / В. М. Старченко, Н. А. Тимченко // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология», 2011. – 93 с.

77. Трахтенберг, И. М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты / И. М. Трахтенберг, В. С. Колесников, В. П. Луковенко. – Минск: Наука и техника, 1994. – 285 с.

78. Фролов, А.В. Охрана труда: учебн. пособие / А. В. Фролов, В. А. Корж, А. С. Шевченко. – М.: Кнорус, 2018. – 421 с.

79. Шаймарданова, Б. Х. Биоиндикация урбоэкосистемы г. Павлодара по содержанию химических элементов в золе листы тополя черного *Populus nigra* L / Б. Х. Шаймарданова [и др.] // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – 216 с.

80. Шумилова, А. П. Оценка экологического состояния почв и воздушной среды г. Благовещенска / А. П. Шумилова. – Благовещенск, 2012. – 174 с.

81. Юсупов, Д. В. Биогеохимические ореолы золота и ртути Покровского золоторудного месторождения (Верхнее Приамурье) / Д. В. Юсупов // Известия вузов. Геология и разведка. – 2009. – 43 с.

82. Юсупов, Д. В. Геохимия накопления металлов в донных отложениях озер Благовещенска / Д. В. Юсупов, А. А. Могилёв, Р. В. Тростянок // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2013. – 75 с.

83. Юсупов, Д. В. Высокотоксичные элементы в почвенном покрове на территории г. Благовещенска / Д. В. Юсупов, Л. М. Павлова, В. И. Радомская // Экология и промышленность России. – 2015. – 55 с.

84. Юсупов, Д. В. О проявленности природотехногенных факторов по соотношению содержания тория и урана в листьях тополя на урбанизированных территориях / Д. В. Юсупов [и др.] // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – 2016. – 733 с.

85. 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. – 113 с.

86. Markert, B. Establishing of «Reference Plant» for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting / B. Markert // Water, Air, & Soil Pollution. – 1992. – 538 p.

Нормативная литература

87. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. – М.: ВНИИКОП, 1994. – 5 с.

88. Инструкции №63 по охране труда для сотрудников и лиц, обучающихся в АмГУ на геологоразведочных, геологосъемочных, геологопоисковых, археологических работах, на учебных, производственных практиках, при выполнении научно-исследовательских работ и других видов в полевых условиях». – 2012. – 4 с.

89. Инструкция по охране труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах (ПЭВМ). – 2016. – 8 с.

90. Правила безопасности при геологоразведочных работах // Собрание законодательства РФ. – 2005. – 220 с.

91. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок: приказ Минтруда России №903н от 15.12.2020. // Собрание законодательства РФ. – 2020. – 80 с.

92. Правила пожарной безопасности при геологоразведочных работах. – М.: Недра, 2009. – 210 с.

93. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1993. – 153 с.

Фондовая

94. Скугарев, А. А. Оценка текущего состояния окружающей среды на Благовещенской площади в 2013 г. / А. А. Скугарев. – Благовещенск: Амурский филиал ФБУ «ТФГИ по ДФО», 2013. - 121 с.

95. Шадрин, А. К. Отчет о результатах геоэкологических исследований в г. Благовещенске Амурской области в 1990-91 гг. / А. К. Шадрин. – Благовещенск: Амурский филиал ФБУ «ТФГИ по ДФО», 1992. - 92 с.

96. Шадрин, А. К. Отчет о результатах экологогидролитолого-геохимической съемки масштаба 1: 25 000 г. Благовещенска Амурской области за 1992 г. / А.

К. Шадрин. – Благовещенск: Амурский филиал ФБУ «ТФГИ по ДФО», 1993. - 59 с.

Интернет-ресурсы

97. Администрация города Благовещенска [Электронный ресурс] : офиц. сайт - 14.04.2009. Режим доступа: <http://www.admblag.ru//pages/genplan>. – 23.03.2024.

98. Амурский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс] : офиц. сайт – 19.10.2017. – Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/about/structure/cgms/3070/>. – 23.03.2024

99. Портал "Амурские сезоны" [Электронный ресурс] : офиц. сайт – 13.05.12. – Режим доступа: <http://xn80afg3aiou.ai/sources/geo/mineral/=17.php>. – 23.03.2024

100. Север Китая накрыла пыльная буря [Электронный ресурс] : офиц. сайт – 10.10.2019. – Режим доступа: <https://news.mail.ru/incident/24/frommail=1>. – 23.03.2024