

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Элементный состав листьев березы как индикатор состояния окружающей среды территории Комсомольского хвостохранилища (Кемеровская область)

УДК 622.85:508.064:674.031

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Цибульников Маргарита Радиевна	канд. географ. наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Крепша Нина Владимировна	канд. геол.-минерал. наук, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Язиков Егор Григорьевич	доктор геол.-минерал. наук, профессор		

Томск – 2016 г.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ГЭГХ ИПР
Е.Г. Язиков

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич

Тема работы:

Элементный состав листьев березы как индикатор состояния окружающей среды территории Комсомольского хвостохранилища (Кемеровская область)	
Утверждена приказом директора ИПР	(дата, номер)
Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Публикации в периодической печати, фондовые источники, интернет ресурсы, самостоятельно собранный материал.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(соотносится с названием параграфов или задачами работы).</i>	1. Физико-географическая характеристика территории пос. Комсомольск. 2. Общая геоэкологическая характеристика объекта исследования. 3. Материалы и методы исследования. 4. Распределение тяжелых металлов и мышьяк на территории Комсомольского хвостохранилища. 5. Распределение редкоземельных и

	радиоактивных элементов на территории Комсомольского хвостохранилища. 5. Социальная ответственность. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Stadtökologie (Ökosystem Stadt)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	
--	--

Задание выдал руководитель

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич

Институт	природных ресурсов	Кафедра	геоэкологии и геохимии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании Сборника сметных норм на геологоразведочные работы, выпуск 2, выпуск 7 и инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы, утвержденный 22.11.1993 Комитетом РФ по геологии и использованию недр
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы, утвержденный 22.11.1993 Комитетом Российской Федерации по геологии и использованию недр (Роскомнедра); Сборника сметных норм на геологоразведочные работы, выпуск 2, выпуск 7
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98,а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011 г.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Планирование научных исследований</i>	Структура работ в рамках научного исследования. Определение трудоемкости выполнения работ.
<i>Формирование бюджета научных исследований</i>	Нормы расхода материалов, расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей, общий расчет сметной стоимости работ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькикова М.Р.	к.г.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Карпенко Ю.А		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТНОГО
СОСТАВА ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Геоэкологии и геохимии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	Объектом исследования явились данные ИСП-МС полученные в результате анализа листьев березы. Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе (541 ауд.) МИНОЦ «Урановая геология» на кафедре геоэкологии и геохимии ИПР на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ, Ленина 2/5), имеет естественное и искусственное освещение. Размер помещения 8,5×9,5×3,1. Площадь на одно рабочее место в ПВЭМ составляет не менее 4,5 м ² , объем – не менее 20 м ³ . В аудитории имеется 12 персональных компьютеров, на них производится обработка информации (обработка баз данных, набор текста и т.д.).
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	Показателей микроклимата в помещении. Перечень мероприятий, направленных на ликвидацию причин травматизма при эксплуатации ПВЭМ. Естественное искусственное освещение в помещении, норма освещенности рабочего места. Наличие средств противопожарной защиты в данном помещении. Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении; недостаточная освещенность рабочей зоны; степень нервно-эмоционального напряжения.
---	---

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	Электробезопасность. Источники: электрооборудования и электроприборы (ПЭВМ). Средства защиты: электроизолирующие провода, заземление. Пожаровзрывобезопасность. Причины: несоблюдение правил пожаробезопасности. Профилактические мероприятия: средства пожаротушения применяются в зависимости от вида источника пожара (порошковые и жидкие). Опасные факторы производственной среды: электрический ток, пожароопасность.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС - пожар в здании. Наличие конструктивных и объёмно-планировочных решений, препятствующих распространению опасных факторов пожара по помещению; ограничения пожарной опасности строительных материалов используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации; наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения; сигнализация и оповещение о пожаре.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны проводятся в соответствии с планом проведения этапов исследовательской работы, с учетом требований и стандартов к организации рабочего места.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крепша Нина Владимировна	канд. геол.-минерал. наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа объемом 137 с., 28 рис., 24 табл., 155 источников, 1 прил.

Ключевые слова: индикатор состояния окружающей среды, содержание химических элементов, сухое вещество листа березы повислой (*Betula pendula*), хвостохранилище, пос. Комсомольск, Кемеровская область.

Объектом исследования являются листья березы повислой (*Betula pendula*), отобранные на территории хвостохранилища в пос. Комсомольск Кемеровской области.

Цель работы – оценить состояние окружающей среды Комсомольского хвостохранилища (Кемеровская область) по результатам изучения элементного состава листьев березы.

В процессе исследования проводился анализ элементного состава сухого вещества листьев березы повислой (*Betula pendula*).

В результате исследования установлено избирательное накопление концентрации определенных тяжелых металлов в листьях березы, которые могут быть использованы как индикаторы экологического состояния территорий складирования отходов горнодобывающих и обогатительных предприятий.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Впервые на территории Комсомольского хвостохранилища проведена биогеохимическая съемка, установлены содержания химических элементов в сухом веществе листьев березы. Построены геохимические карты-схемы пространственного распределения химических элементов.

В основу работы положены материалы, полученные в 2015 г. Работы выполнены при финансовой поддержке: РНФ №15-17-10011 «Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учётом микробиологических факторов

трансформации минеральных компонентов» (руководитель проекта д.т.-м.и., профессор Л.П.Рихванов).

Область применения: Полученные данные могут быть использованы заинтересованными организациями для подготовки работ по проведению мониторинга состояния окружающей среды в районе Комсомольского хвостохранилища.

Экономическая эффективность/значимость работы: полученные фактические данные и результаты могут быть использованы заинтересованными организациями и местной администрацией. Население поселка Комсомольск должно быть проинформировано о негативных последствиях посещения и использования хвостохранилища.

В будущем планируется продолжить исследование в аспирантуре по данной теме.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГСО – Государственный стандартный образец

ИПР – Институт природных ресурсов

МИНОЦ – Международный инновационный научно-образовательный центр

ОБУВ – Ориентировочный безопасный уровень воздействия

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПО – предел обнаружения

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

РНФ – Российский научный фонд

ТБО – твердые бытовые отходы

ЭПМ – электромагнитное поле

ИСП - МС – масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

ICP-MS – масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

REE – Редкоземельные элементы

MREE – средние редкоземельные элементы

HREE – тяжелые редкоземельные элементы

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1 ЛИСТЬЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КАК БИОМОНИТОРЫ	14
СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	
2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА	22
ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1 Административно-географическая характеристика района	22
2.1.1 Геологическая характеристика	23
2.1.2 Гидрологические условия	25
2.1.3 Климатические условия	26
2.1.4 Характеристика почвенного покрова	29
2.2 Геоэкологическая характеристика объекта исследования	31
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	37
3.1 Исходный материал и методика отбора проб	37
3.2 Пробоподготовка и методы лабораторных исследований	39
3.3 Методика обработки результатов аналитических исследований	41
4 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА НА	42
ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА	
5 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ	62
ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОГО	
ХВОСТОХРАНИЛИЩА	
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ	80
ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ	
6.1 Производственная безопасность	81
6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование	81
мероприятий по их устранению	
6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование	87
мероприятий по их устранению	
6.3 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ	90
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
6.5 Законодательное регулирование проектных решений	93
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И	94
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	
7.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности работ	94
по проекту и объемы проектируемых работ	
7.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ	96
7.3 Нормы расхода материалов	98
7.4 Общий расчет сметной стоимости	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	105
ПРИЛОЖЕНИЕ А	122

ВВЕДЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой научно-исследовательскую работу, в которой рассматриваются аспекты эколого-геохимической оценки территории Комсомольского хвостохранилища (Кемеровская область) по результатам изучения растительности.

Актуальность исследования. Отходы горнорудной промышленности негативно влияют на окружающую среду и человека. Наибольшее влияние оказывают искусственные геологические объекты – хвостохранилища, в которых на дневной поверхности складированы значительные объемы отходов с неизлеченными минеральными компонентами. В результате процессов гипергенеза (разложения, окисления, растворения, гидролиза и др.) первичные рудные минералы преобразуются во вторичные минеральные формы. Содержащиеся в них тяжелые металлы активно мигрируют в окружающую среду, загрязняя ее компоненты: атмосферу, поверхностные и подземные воды, почву, растительность, превышая фоновые и предельно допустимые концентрации [66].

Цель работы: оценить состояние окружающей среды Комсомольского хвостохранилища (Кемеровская область) по результатам изучения элементного состава листьев березы повислой (*Betula pendula*).

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

Провести анализ ранее проведенных работ.

Подготовить обзор научной и методической литературы.

Подготовить техническое задание и проект на проведение работ.

Провести отбор и подготовку проб листьев березы для лабораторных и аналитических исследований.

Определить химический состав проб листьев березы.

Провести статистическую обработку аналитических данных с помощью корреляционного, кластерного и факторного методов анализа.

Объектом исследования явились листья березы повислой (*Betula pendula*) отобранные на территории хозяйственного освоения, Комсомольское хвостохранилище пос. Комсомольск Кемеровская область.

Предметом исследования является химический состав сухого вещества листьев березы повислой (*Betula pendula*) Комсомольского хвостохранилища.

Научная новизна работы:

Впервые на территории Комсомольского хвостохранилища проведена биогеохимическая съемка, установлены содержания химических элементов в сухом веществе листьев березы.

Построены геохимические карты-схемы пространственного распределения химических элементов на территории Комсомольского хвостохранилища по данным опробования листьев березы.

Практическая значимость работы.

Установлено избирательное накопление концентрации определенных тяжелых металлов в листьях березы, которые могут быть использованы как индикаторы экологического состояния территорий складирования отходов горнодобывающих и обогащательных предприятий.

Фактические материалы и методы исследования. В основу работы положены материалы, полученные в 2015 г. Работы выполнены при финансовой поддержке: РНФ №15-17-10011 «Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учётом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов» (руководитель проекта д.т.-м.и, профессор Л.П.Рихванов).

Всего на территории Комсомольского хвостохранилища отобрано, обработано и проанализировано 20 пробы листвы березы повислой (*Betula pendula*). Отбор проб проводился по радиальной сети от внешней границы хвостохранилища с шагом 250 м по 10 профилям. Пробы отбирались по стандартной методике. Обработка проб производилась в соответствии с нормативными документами.

Аналитические исследования проводили в аккредитованной лаборатории по аттестованным методикам в химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск). Для определения валового состава макро- и микроэлементов в образцах сухого вещества листьев березы использовался метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Данные лабораторных анализов обрабатывали в программах Microsoft Excel и Ststistica, также строили карты-схемы распределения химических элементов программам Corel Draw и Surfer.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены и докладывались на VII Межрегиональной научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина (Томск, 2015), а так же XX Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (Томск, 2016).

Объём и структура диссертации. Работа состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы, содержит 24 таблицы, 28 рисунков, 1 приложение. Объём рукописи – 138 страниц машинописного текста.

Благодарности: Автор глубоко и искренне благодарен научному руководителю доценту, канд. геол.-минерал. наук Юсупову Дмитрию Валерьевичу за совместное обсуждение и обобщение материалов, ценные советы, всестороннюю поддержку и помощь на всех этапах выполнения работы.

Автор признателен профессору, доктору биол. наук Наталье Владимировне Барановской, осуществлявшей отбор проб листьев березы повислой (*Betula pendula*) на фоновой территории пос. Макаракский.

За ценные советы и рекомендации автор благодарит докторов геол.-минерал. наук, профессоров Л.П. Рихванова, Е.Г. Язикова, С.И. Арбузова, к.х.н. Н.А. Осипову. Автор благодарит за предоставленную информацию и оценку работы доктора геол.-минерал. наук профессора С.Б. Бортникову.

Отдельная благодарность канд. геол.-минерал. наук И.С. Соболеву за помощь на пути в освоении математической статистики в геоэкологии.

1 ЛИСТЬЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КАК БИОМОНИТОРЫ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Биологическими индикаторами или биоиндикаторами, обычно называют растения, которые обнаруживают симптомы поражения при действиях на них фототоксичных доз поллюантов. Чувствительность к разным атмосферным загрязнителям доказана для многих видов растений. Однако природа этой чувствительности и соответственно возможности ее использования весьма разнообразны. В научной литературе термины «биоиндикатор» (организм который дает информацию о качестве окружающей среды) и «биомонитор» (организм, который дает количественную информацию о качестве окружающей среды) используются отдельно, хотя некоторые организмы могут служить и биоиндикаторами и биомониторами (Баргальи, 2005).

Чувствительные или аккумулирующие растения, которые обеспечивают количественную или полуколичественную информацию о пространственно-временных изменениях загрязнения, называют биомониторами. Иногда загрязнение окружающей среды не вызывает видимых поражений живых организмов, и тогда его можно оценить только с помощью измерения концентраций элементов в растительных тканях, которые аккумулируют металлы в концентрациях, отражающих таковые в атмосфере или почве (аккумулятивные биоиндикаторы) (Баргальи 2005).

В то время как чувствительные биомониторы позволяют распознавать и измерять эффект поллюанта, аккумулятивные биомониторы обеспечивают косвенную количественную оценку концентрации микроэлементов в атмосфере или почве.

Одним из первых на необходимость разграничения понятий биомониторинг и биоиндикация указал Б. Маркерт (Markert, 1993). Под биоиндикатором (bioindicator) он понимал организм (часть его или, наоборот, сообщество организмов), содержащий информацию о качественной оценке состояния окружающей среды (или ее части), в то время

как биомонитор (biomonitor) должен содержать информацию о количественной оценке состояния ОС. Он также подчеркивал, что биомонитор всегда обладает свойствами биоиндикатора, который в свою очередь не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к биомонитору (Markert, 1993, Markert et al., 2003). Многие авторы в своих работах ссылаются именно на эти определения (Lazorchak et al., 2003; Lorenz, 2003; Smodiš, 2003; Madejon et al., 2004 и др.). Схожее определение биологического монитора было дано еще в 1982 году (Martin, Coughtrey, 1982) и некоторые авторы (Al-Alawi, Mandiwana, 2007; Mingorance et al., 2007; Gratani et al., 2008 и др.) предпочитают ссылаться на него.

Р. Пейкмэн (Pakeman et al., 1998) в свое время дал определение биологическому мониторингу, как измерению реакции живых организмов на изменения в окружающей среде, в том числе, включая изменение элементного состава. Еще одно определение биомониторинга, как регулярных наблюдений в пределах географической зоны с помощью организмов, отражающих изменения в ОС в пространстве и во времени было дано Б. Смодисом (Smodiš, 2007). Биомониторам присуща способность отражать концентрации элементов в окружающей среде, в том числе повышенные (Ataabadi et al., 2011; Mulgrew, Williams, 2004). М. Де Бруин (De Bruin, 1990) заострял внимание на том, что живые организмы позволяют выявить не только концентрации элементов в различных средах, но также их биодоступность.

Многие ученые подчеркивают преимущества использования растений для мониторинга и оценки состояния окружающей среды в первую очередь, в силу того, что их элементный состав отражает особенности среды произрастания. Используемые виды биоиндикаторов должны удовлетворять следующим требованиям: это должны быть виды, характерные для природной зоны, где располагается данный объект; организмы-мониторы должны быть распространены на всей изучаемой территории и повсеместно; они должны иметь четко выраженную

количественную и качественную реакцию на отклонение свойств среды обитания от экологической нормы; биология данных видовиндикаторов должна быть хорошо изучена (Миркин, 2001). Также их состав зависит от процессов в самом организме и его особенностей, в результате чего возникают внутри- и межвидовые различия, а также различия, связанные с фенологической фазой растения и т.д. (Ильин, 1985; Саенко, 1999; Djingova, Kuleff, 2000; Рихванов, 2005 и др.)

В отличие от грибов, лишайников и мхов, высшие растения имеют хорошо развитые корневую и проводящую системы; элементы поступают в ткани растений из почвы или из атмосферы. По мере того, как становился более доступным надежный аналитический инструментарий, происходил почти экспоненциальный рост числа научных статей, посвященных изучению элементного состава высших растений. Большая часть этих работ проводилась в рамках программ мониторинга питания растений, когда определение химического состава листьев служило важным инструментом диагностики элементов, давало возможность оценить реакцию растений на внесение удобрений и определить доступность элементов для посевных культур на загрязненных почвах (Баргальи, 2005).

По результатам исследования с использованием биомониторов могут быть получены выводы о виде загрязнения, его источнике, и, вероятно, интенсивности (разница между степенью загрязнения и наблюдаемыми изменениями в организме) (Smodiš, 2003; Rossini Oliva, Fernández-Espinoza, 2007 и др.).

Высшие растения активно применяются для мониторинга различных видов загрязнения на протяжении последних 40-50 лет (Oztyrk et al., 2013), из них более 30 лет для оценки состояния и мониторинга загрязнения почв и атмосферного воздуха (Everett et al., 1967; Goodman, Roberts, 1971; Зырин и др., 1985; Baragagli, 1998; Барановская, 2003, 2011; Безель, Жуйкова, 2007; Rossini Oliva, Fernández-Espinoza, 2007; Бабошкина и др., 2008; Сысо, Ильин, 2008; Гордеева и др., 2010; Шаймарданова и др.,

2010; Шергина и др., 2010; Егорова и др., 2012; Безель и др., 2015; Жуйкова и др., 2015; Рихванов и др., 2015 и др.).

Широкое применение древесная растительность получила с целью оценки особенностей накопления химических элементов в условиях техногенеза и функционирования промышленных предприятий (Little, Martin, 1972; Little, 1973; Sloof et al., 1988; Bargagli, 1995; Djingova et al., 1995; Alfani et al., 1997; Черненкова, 2002; Markert et al., 2003; Кулагин, Шагиева, 2005; Белоголова и др., 2006; Белан, 2007; Леонова, 2010; Воскресенский, 2011; Трубина и др., 2014; Попова, 2015 и др.).

В последние годы было выполнено также большое число работ по изучению листьев многих деревьев и сорных видов растений, имеющих широкое географическое распространение и высокую адаптационную способность. Такие растения особенно удобны для использования в биомониторинге, поскольку они накапливают следовые элементы и вдоль загруженных автодорог, вблизи металлургических предприятий, и в городской среде. В исследованиях такого плана мало внимания уделяется доступности почвенных элементов, процессам их поглощения корнями и перемещения в надземные органы растений и, как правило, совсем не идет речь о том, что поверхность листьев загрязняется в результате переноса ветром частиц почвы. В литературе присутствует множество самой разнообразной информации об элементном составе растений. При этом часто неясно, за счет чего образуются те содержания элементов, о которых идет речь: поступают ли элементы только из почвы, только из воздуха или же сразу из обоих этих источников.

Деревья эффективно улавливают пылеаэрозоли, главным образом, за счет листвы, тем самым играя важную роль в снижении уровня содержания мелкодисперсных частиц "высокого риска" вдыхания, способных оказать негативное воздействие на ОС и здоровье человека (Beckett et al., 2000 и др.). Кроме того, во многих случаях концентрации элементов, определенные в растениях, позволяют с большей точностью провести

оценку риска существующего уровня загрязнения, особенно для фитотоксичных компонентов (Weiss et al., 2003 и др.). В целом анализ растительного образца предоставляет информацию не только о качественном или количественном загрязнении воздуха, но и о воздействии данного загрязнения на живую систему (Tomašević et al., 2011 и др.).

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

Изучение содержания редкоземельных элементов в древесных растениях началось сравнительно недавно, с одной стороны, из-за отсутствия информации об их эссенциальности или токсичности, а с другой стороны, из-за отсутствия надежного чувствительного метода их определения (Грабовская, Астрахан, 1963; Markert, 1996; и др.).

Содержание радиоактивных элементов в древесной растительности начали активно изучать после аварии на Чернобыльской АЭС. В настоящее время с помощью растительных объектов изучается загрязнение ландшафта продуктами распада, динамика поступления радионуклидов, оцениваются загрязненные территории вокруг предприятий ядерно-топливного цикла, последствия радиационных аварий (Ялалтдинова, 2015).

Для выявления радиоактивного загрязнения применяется биоиндикация (Биоиндикация..., 1999; Позолотина и др., 2000, 2004). Работы по изучению накопления радионуклидов в древесных растениях немногочисленны (Берзина, 1991; Рихванов, 1997; Рихванов и др., 2007; Замятина, 2008 и др.).

В 70-90-х годах XX века листья (Kabata-Pendias, 2011), кора (Bargagli, 2005) и кольца деревьев (Рихванов, 2002) служили объектами в экологических исследованиях, в первую очередь для оценки состояния атмосферного воздуха. Одной из первых работ этой серии было исследование

о распространении свинца от крупных автомагистралей с применением мхов и высших растений (Rühling, 1968). Исследования проведены в районах загрязнения вокруг металлургических комплексов (Goodman, Roberts, 1971; Little, Martin, 1972; Lepp, 1975). Djingova R. et al. (1995) впервые предложили биомониторинг атмосферного воздуха промышленных районов с использованием листьев тополя черного (Djingova, Wagner, Peshev 1995). Ряд авторов показали, что листья накапливают специфичные элементы, источниками эмиссии которых в том числе являются выбросы предприятий топливно-энергетического, нефтехимического, металлургического, машиностроительного, горнопромышленного и др. комплексов (Baslar et al., 2005). Листья березы так же широко используются для биомониторинга атмосферного воздуха.

Листья в сравнении с другими частями растений, это наиболее пластичные органы, ассимилирующие и аккумулирующие тяжёлые металлы (Каракаева и др., 2010 и др.). Свойства листьев (наличие воска и трихом, шероховатость поверхности, пассивная диффузия загрязнителей через устьица, поглощение и накопление через кутикулу и др.) способствуют накоплению довольно широкого ряда вредных соединений. Также важен факт, что поверхность листа значительно выше, чем ее прямая проекция кроны на поверхность Земли, что говорит об эффективной фильтрации большого объема атмосферных загрязнителей.

Первые упоминания об использовании высших растений для мониторинга состояния атмосферного воздуха относятся к 1970-м годам (Stocks et al., 1961; Everett et al., 1967; Trott, 1969; Little, Martin, 1974 и др.). Химические элементы могут поступать из воздуха или с осадками на поверхность листа, проникая внутрь него через устьица или просто прилипая к поверхности (Little, 1973 и др.), часть из них смывается со следующим дождем и заменяется новыми загрязнителями.

Использование растений с целью оценки загрязнения атмосферного воздуха получило широкое применение. Было выдвинуто предположение,

что прямое поступление элементов через кору и листву может быть главным путем попадания элементов в растения, особенно в высоко загрязненных районах (Bargagli, 1998 и др.). Результаты различных исследований показали позитивную корреляцию между осаждением атмосферных загрязнителей и их концентрациями в листве (Ялалтдинова, 2015).

Все большее распространение получает версия о том, что растение отражает комплексное воздействие загрязнения как почвы (концентрирование зависит в первую очередь от биодоступности элементов), так и приземного слоя атмосферы (мокрое и сухое осаждение) (Плеханова, Обухов, 1992; Касимов и др., 2011; Kabata-Pendias, 2011 и др.). М.Д. Уфимцева и др. (2008) указывали на то, что влияние оказывает не только загрязнение почвы и воздуха, но и всех сопряженных геохимических сред.

Несмотря на то, что попытки провести различие между элементами, поступившими из почвы и из воздуха, осуществлялись еще в 1970-1980 гг., вклад каждого из путей поступления все еще остается не ясным (Ялалтдинова, 2015).

Как известно, основные факторы, определяющие химический состав растений, — это ландшафтно-геохимические условия их произрастания. В целом изучение зависимостей поглощения тяжелых металлов растениями в настоящее время широко отражено в литературе (Мирзеханова, Шлотгауэр, 1991; Мирзеханова, 2003, Ковалевский, 1991). При этом в работах в основном оценивается концентрация металлов, отрицательно влияющих на развитие и биопродуктивность сельскохозяйственных культур (Ильин, Степанова 1980; Гармаш, 1980; Калашникова, 1991 и др.). В ряде работ рассматриваются проблемы накопления тяжелых металлов растениями вблизи предприятий цветной и черной металлургии (Гармашб 1985), в придорожных зонах автомагистралей и крупных промышленных городах (Никифорова, 1981). Отдельные публикации посвящены выявлению биогенных ореолов элементов-индикаторов полиметаллических месторождений (Рождественская, 2003) и т. д.

К сожалению, данных о распределении микроэлементов в растениях на территориях, загрязненных в результате эксплуатации предприятий золотодобычи, не так много. В.И. Радомской с соавторами (Радомской и др., 2003) изучена биоаккумуляция благородных металлов растениями; ряд работ касается содержания ртути и других микроэлементов в природных объектах (Коваль и др., 2004; Стеблевская и др. 2006, Бортникова и др. 2006).

2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Административно-географическая характеристика района

Комсомольск — посёлок городского типа в Тисульском районе Кемеровской области России, административный центр Комсомольского городского поселения.

Кемеровская область (Кузбасс) расположена в юго-восточной части Западной Сибири. Территория области (95,5 тыс. кв. км) находится на стыке Западно-Сибирской равнины и гор Южной Сибири. Граничит с Томской и Новосибирской областями, Алтайским и Красноярским краями, республиками Алтай и Хакасия [155].

В состав Тисульского района Кемеровской области входит 3 городских и 10 сельских поселений.

Ситуационный план расположения Комсомольского хвостохранилища, представлен на рисунке 1.

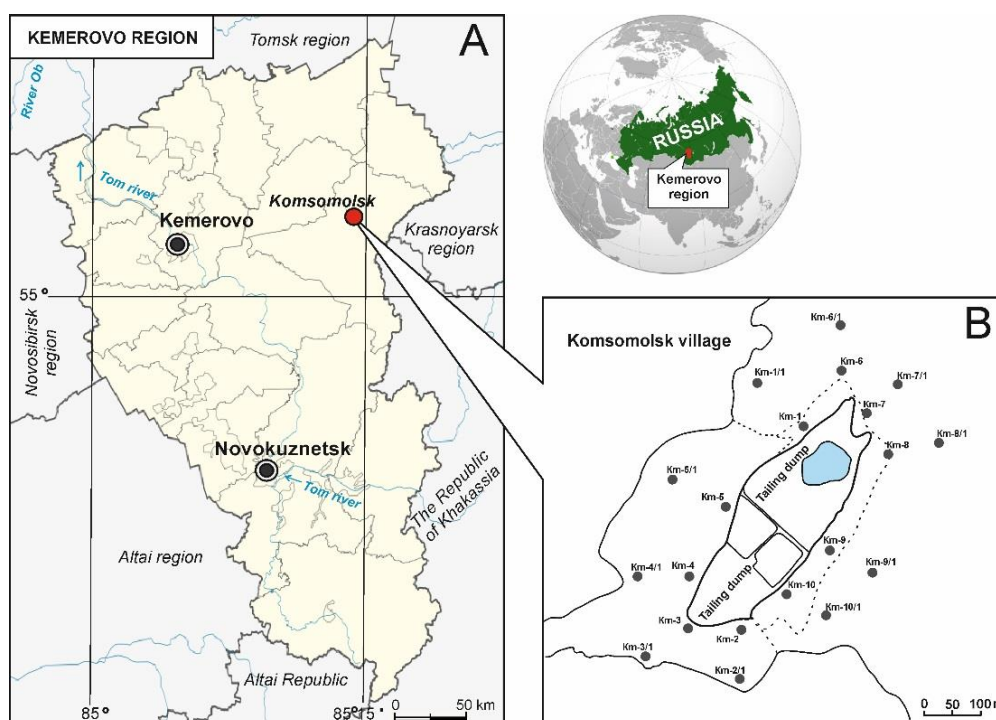


Рисунок 1 - Карта расположения п. Комсомольск на карте Российской федерации и Кемеровской области (А), схема отбора проб вокруг хвостохранилища (В)

Тисульский район занимает ведущее место среди золотосодержащих районов области, на его долю приходится 56 % разведанных запасов золота, 80 % серебра, 87 % редкоземельных металлов платиновой группы, 99 % металлов титано-циркониевой группы. В экономике района основополагающие позиции занимает Кия-Шалтырский нефелиновый рудник, разрез «Кайчакский» и сельхозпредприятия [155].

Территориально Комсомольское хвостохранилище располагается на территории бывшего Комсомольского золотоизвлекательного завода в пос. Комсомольск Кемеровской области. На заводе перерабатывались методом цианирования золото - арсенопирит кварцевые руды. Завод также перерабатывал золотосодержащие отходы Кадамжайского сурьмяного комбината (Кыргызстан) и Берикульской золотоизвлекательной фабрики [18].

2.1.1 Геологическая характеристика

Кемеровская область расположена на стыке Западно - Сибирской равнины и гор Южной Сибири. Основная часть территории области занята Кузнецкой котловиной, крайний юг области — это Горная Шория. На западе области находится Салаирский кряж, на востоке — Кузнецкий Алатау. Наивысшая точка — гольц Верхний Зуб на границе с Республикой Хакасия поднимается на 2178 м, наименьшая — 78 метров над уровнем моря лежит в долине реки Томи на границе с Томской областью.

В геологическом строении Комсомольского рудного узла принимают участие главным образом старитифицированные образования палеозойского и протерозойского возрастов, наиболее древними являются красноцветные конгломераты, песчаники, светлые известняки, эффузивы девонского возраста, ограниченно развиты в юго-западной и восточной части рудного узла. Более распространены, залегающие в пойме реки Кия, белые и темно серые известняки, черные сланцы, песчаники кембрийской системы. В Южной части развиты темно-серые известняки, черные кварциты, кристаллические сланцы и гнейсы, протерозойского возраста (рисунок 2).



Рисунок 2 – Геологическая карта Кемеровской области [155]

Интрузивные образования расположены в Юго-Восточной части. Породы представлены палеозойскими гранитами.

В минерагеническом отношении территория Комсомольского хвостохранилища относится к литофильно – халькофильному рудному району и литофильно - халькофильному Комсомольскому рудному узлу, продуктивность рудного узла высокая [151].

В восточной части Кемеровской области сосредоточено большое количество золоторудных месторождений. Комсомольское золоторудное месторождение квалифицируется как мелкое. [151].

2.1.2 Гидрологические условия

Вся территория Кемеровской области расположена в бассейне верхнего течения рек Томи, Кии, Ини. Основной водной магистралью области является река Томь. Начало река берет на западном склоне Абаканского хребта и впадает в реку Обь.

Длина реки в пределах области около 840 км, площадь водосбора составляет 61,2 тыс. кв. км. Верхняя часть бассейна реки до г. Новокузнецка и средняя правобережная часть бассейна до г. Кемерово имеет горный рельеф, левобережная часть ниже г. Новокузнецка и правобережная от г. Кемерово до северной границы области характеризуется всхолмленным (равнинным) рельефом. На верхнем участке долина реки Томь узкая, берега гористые. Ниже притока реки Уса долина расширяется до 2 - 3 км. Ширина русла выше притока Бельсу в межень около 50 м, ниже по течению ширина русла постепенно увеличивается и у г. Кемерово составляет 400 - 600 м [139].

Река вскрывается в последней декаде апреля. Высота паводковых вод в среднем течении составляет 3 - 5 м (иногда 7 - 8 м), в нижнем течении до 8 м над меженью. Скорость течения воды реки Томь в межень 0,8 - 0,9 м/с, в паводок 2,5 - 3,0 м/с. Водные ресурсы реки Томь на 70 - 75 процентов пополняются за счет снега, на 15 - 20 процентов за счет подземных источников и на 10 процентов за счет дождевой влаги [139].

Наиболее крупные притоки Томи - реки Кондома, Мрассу, Уса, Верхняя, Средняя и Нижняя Терсь и некоторые другие. Река Кондома впадает в Томь в районе г. Новокузнецка. Ее бассейн имеет горный рельеф, особенно резко выраженный в правобережной части у истоков рек Тельбес и Мундыбаш. Река Мрассу - типично горная река. Протекает на значительном протяжении в узкой долине с высокими берегами.

Водный режим реки аналогичен реки Томь. Реки Уса, Верхняя, Средняя и Нижняя Терсь по гидрологическим признакам идентичны реки Мрассу.

Другими крупными реками в области являются реки Яя, Кия, Кожух, Иня. Из притоков реки Яя наиболее крупный - Золотой Китат, относящийся к горному типу рек. Река Кия берет начало с гор Кузнецкого Алатау, впадает в реку Чулым. Река Кожух впадает в реку Кия. Река Иня берет начало на южном склоне Тарадановского увала (100 м над уровнем моря) [139].

Густая речная сеть в сочетании с горным и холмистым рельефом обеспечивает хороший дренаж местности. По долинам рек много озер. Самыми крупными из них являются озера Большой Берчикуль, Кызыр, Большой Кандыш и др. В горах большинство озер карстового происхождения.

Поселок Комсомольск располагается в пойме реки Кия, хвостохранилище находится в 5 км от правого берега и в 6 км от ближайшего крупного озера Большой Берчикуль.

2.1.3 Климатические условия

Климат Кемеровской области резко континентальный. Зима холодная и продолжительная, лето короткое и теплое. Продолжительность безморозного периода длится от 100 дней на севере области до 120 дней на юге Кузнецкой котловины. Располагаясь в умеренном поясе северного полушария, территория Кемеровской области получает за год сравнительно большое количество солнечного тепла.

Продолжительность светового дня в возрастает от 6 часов 57 минут в середине декабря до 17 часов 37 минут в середине июня. Важным климатообразующим фактором является атмосферная циркуляция, которая зависит от рельефа местности, удаленности ее от морей и океанов. Движение воздушных масс сопровождается изменением погоды в этом районе: давления атмосферы, температуры, влажности воздуха и характера облачности. Воздушные массы постоянно определяют тип климата [152].

Кемеровская область располагается на стыке крупных климатических областей (Западносибирской, Восточносибирской, Среднеазиатской и

Центральноазиатской), обуславливающих циркуляцию этих воздушных масс. Перемещение воздуха с запада на восток определяет циклоническую погоду - влажную и прохладную летом и влажную слабоморозную зимой. Движение арктических и континентальных воздушных масс со свойственной им сухостью в меридиональном направлении (с севера на юг) формируют ясную антициклональную погоду с сухим жарким летом и суровой малоснежной зимой.

Общей характерной чертой климата является его континентальность, то есть резкие колебания температуры воздуха по временам года, в течение месяца и даже суток. Наиболее характерны такие колебания для лесостепи и тайги, несколько меньше они в горах. Так, среднегодовая температура воздуха в целом по нашей области колеблется от $-1,4^{\circ}\text{C}$ до $+1,0^{\circ}\text{C}$. По отдельным населенным пунктам среднегодовая температура воздуха равна: пос. Комсомольск -0°C , Гурьевск $+0,4^{\circ}\text{C}$, Новокузнецк $+0,8$, Ленинск-Кузнецкий $+0,2^{\circ}\text{C}$. В поселке Комсомольск, занимающей северо – восточное положение в Кемеровской области, среднегодовая температура воздуха выше, чем в Горной Шории. Так, в поселке Комсомольск она составляет $-0,1^{\circ}\text{C}$, тогда как на юге области в селе Кондома $-0,5^{\circ}\text{C}$, в селе Усть-Кабырза $-1,4^{\circ}\text{C}$ [152].

Наиболее высокие температуры воздуха в области достигают летом $+35-38^{\circ}\text{C}$, а самые низкие зимой доходят на юге до -54°C , на севере до -57°C . Годовая амплитуда колебаний температур превышает 90°C . Показательна разница в средних месячных температурах января и июля: пос. Комсомольск $-18,1^{\circ}\text{C}$ и $+18,4^{\circ}\text{C}$, г. Тайга $-19,1^{\circ}\text{C}$ и $+17,8^{\circ}\text{C}$, г. Гурьевск $-17,8^{\circ}\text{C}$ и $+18,7^{\circ}\text{C}$, г. Кемерово $-19,2^{\circ}\text{C}$ и $+18,6^{\circ}\text{C}$ и с. Усть-Кабырза $-21,6^{\circ}\text{C}$ и $+17,1^{\circ}\text{C}$ [152].

Осадки по территории области выпадают неравномерно. По главному хребту и западным склонам Кузнецкого Алатау атмосферных осадков выпадает за год больше 1000 мм, а на высоких участках гор - даже до 1800 мм. Это один из самых увлажненных районов Сибири. В южной лесостепи осадков выпадает около 350 мм, а на восточных склонах Кузнецкого Алатау

и того меньше. Среднегодовое количество осадков на Кузнецкой котловине составляет 400-500 мм. Общее количество дней с осадками достаточно велико, за последние 50 лет в г. Тайге в среднем за один год их было 185, в пос. Комсомольск -171 и в г. Новокузнецке - 162 дня.

В лесостепной зоне почти ежегодно держатся длительные периоды без дождей, как правило, в конце мая - июне, но иногда этот период продолжается до середины июля. В отдельные годы дожди не выпадают в течение 20, а порою и 40 дней.

Первый снег выпадает во второй половине сентября, но он сохраняется недолго. Величина снежного покрова на территории нашей области весьма неодинакова, как по высоте и структуре, так и по времени его образования. Устойчивей снежный покров в Кузнецком Алатау и Горной Шории ложится в двадцатых числах октября, а в наиболее высоких их местах несколько раньше - в середине октября. В Кузнецкой котловине постоянный снежный покров образуется в начале ноября.

Высота снежного покрова зависит от количества осадков, рельефа и растительности. Так, в защищенных местах северной лесостепи мощность снежного покрова в середине марта (перед началом таяния) достигает 50 сантиметров, в южной лесостепи - около 40 см, в равнинной тайге-80-120 см, а в горной тайге - 200 - 250 см. В горных и речных долинах, в оврагах и балках высота снежного покрова достигает 300 см.

В лесостепи на открытых местах толщина снега устанавливается на высоте травянистого покрова. На открытых местах, без растительности, снежный покров неустойчив: в течение зимы он неоднократно выдувается сильными ветрами. На таких участках образуются плотные дюны из снежно-земляной пыли. Высота снежного покрова здесь не превышает 10-15 см, он растаивает с наступлением первых мартовских оттепелей. Относительно ровный и устойчивый снежный покров в открытой лесостепи образуется в зоне полезащитных лесных полос [152].

2.1.4 Характеристика почвенного покрова

Кемеровская область имеет континентальный климат, разнообразный рельеф и богатый растительный покров. Это во многом определяет и многообразие типов почв на территории области [153].

Широко распространены в Кемеровской области черноземные почвы. Особенно большие площади они занимают в бассейне реки Ини, на левобережье Томи, встречаются отдельными участками в Тисульском районе. Но черноземы неоднородны. В центральной и северо-западной частях Кузнецкой котловины (степь и южная лесостепь) они тучные, слабовыщелоченные, с мелкокомковатым строением, обладают высоким естественным плодородием, удовлетворительно обеспечены питательными веществами: азотом, калием, фосфором. Толщина гумуса здесь достигает 30 - 40 сантиметров.

В северной лесостепи (Тисульский, Чебулинский районы) преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы, что связано с избыточным увлажнением и обилием древесно-кустарниковой растительности. Содержание гумуса в таких черноземах едва достигает до восьми процентов. В этих черноземах содержатся трудноусваиваемые растениями соединения фосфора, и это несколько снижает плодородие [153].

Степные и лесостепные районы области – Кузнецко - Салаирская степь и лесостепь, Мариинско - Тисульская лесостепь - основные житницы Кузбасса.

Подзолистые почвы распространены на большей части равнинной тайги, на склонах гор. В лесах и почве мало перегноя, он вымывается обильными осадками, поэтому под тонким слоем перегноя образуется светлый белесый горизонт вымывания. Пепельно-серый цвет этого горизонта напоминает золу - отсюда и название почвы - подзолистая. При известковании и внесении удобрений эта почва повышает плодородие и успешно используется в сельскохозяйственном производстве.

Зона серых лесных и дерново-оподзоленных почв включает в себя низкие и среднегорные районы Салаирского кряжа, Кузнецкого Алатау и Горной Шории. Эти почвы наиболее типичны и характерны для горно-таежных областей. Материнская порода почв представлена суглинками, часто с примесями щебнистого материала. Эти типы почв обладают невысоким плодородием. Слой гумуса незначителен. Почвы требуют внесения органических удобрений. Они имеют большое водоохранное и лесохозяйственное значение, если они не распаханы.

В горных районах Кузнецкого Алатау наблюдается высотная поясность почв: под таежными массивами преобладающими являются глубоко подзолистые почвы; на плоских водоразделах, на слаботорфованных коренных породах распространены подзолистые почвы на твердых суглинках. Этот тип почв с увеличением высоты переходит в горно-луговые почвы альпийского типа. В пределах альпийской области распространены торфяно-болотные почвы, на вершинах гор-гольцов — тундровые почвы. Большую часть поверхности высоких горизонтов гор занимают крупнокаменные осыпи, характеризующиеся отсутствием сомкнутого почвенного покрова. На плоских вершинах, в горных долинах имеются также торфяно-глеевые, луго-болотные почвы, которые могут быть использованы как хорошие луга при условии мелиоративных работ.

По речным долинам широко распространены аллювиально-луговые почвы, отличающиеся хорошим плодородием, достаточно обеспеченные фосфором и калием, и используются они в основном под сенокосы и пастбища.

В горной и равнинной тайге, по речным долинам в лесостепи много сфагновых болот (сфагнум — торфяной мох), заболоченных территорий, торфяников и торфянистых почв [153].

2.2 Геоэкологическая характеристика объекта исследования

Геоэкологическая характеристика. Комсомольский

золотоизвлекательный завод находится в Кузнецком Алатау (пос. Комсомольск, Кемеровская область). Он был введен в эксплуатацию в 1937 - 1940 гг. На заводе цианированием перерабатываются золото-арсенопириткварцевые руды. В процессе цианирования используются следующие реагенты (расход, кг/т руды): NaCN - 1.66, Zn-пыль - 0.152, Hg - 0.002, Ca(OH)₂ - 3.5, HCl - 0.025, PbCH₂COO - 0.02. Кроме того, на заводе производилось доизвлечение золота из сурьмяных кеков (продукт, остающийся после переработки антимонитовых концентратов выщелачиванием Na₂S и NaOH на Кадамжайском комбинате). По объему они составляют незначительную часть (к 100 т руды добавлялось не более 0.5 т кеков), но по содержанию металлов более богаты (таблица 1). Поэтому в составе хвостовых песков в высоких количествах присутствует сурьма [18].

Таблица 1 - Состав перерабатываемого материала и отходов на Комсомольском золотоизвлекательном заводе, % (по С.Б. Бортниковой, 2006)

Материал	Zn	Pb	Cu	As	Sb	S _{об.}	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Руда	0.01-1.2	0.02-1.5	0.015	0.015	Н.о.	1.2	4.20	1.95	2.5	7.02
Сурьмяные кеки	3.29	0.15	0.15	0.55	8.6	15	1.06	0.87	6.3	14.4
Хвостовые пески	0.1	0.04	0.02	0.21	0.08	1.4	4.65	2.5	2.83	7.0

Хвостохранилище представляет собой естественную котловину, с 1964г. заполнявшуюся общим стоком из золотоизвлекательного завода.

Площадь хвостохранилища 146 тыс. м², объем около 810 тыс. м³, количество накопленного материала около 1.1 млн м³ [18]. С трех сторон оно ограничено рельефом, с четвертой – насыпной дамбой. Твердое вещество отходов состоит главным образом из жильных (кварц, полевой шпат, кальцит) и сульфидных минералов, основными из которых являются пирит,

сфалерит, галенит, пирротин и арсенопирит (первые %). Степень нарушения минерально-агрегатной основы твердой части определяется его гранулометрическим составом (данные из паспорта предприятия): (1 - 0.5 мм) - 1 %; (0.5 - 0.25) мм - 1.5 %; (0.25-0.1) мм – 18 %; (0. 1 - 0.005) мм - 79%. Весовая концентрация "твердое вещество-раствор" в системе гидротранспорта составляет от 1:3 до 1:5. В результате складирования отходов над поверхностью твердой части (составляющей около 3.5 млн. т) образовалось техногенное озеро, площадь которого около 60 тыс. м², средняя глубина около 2 м. Оно постоянно пополнялось за счет поступления обеззоленных растворов и естественных природных стоков [18].

Содержания элементов в твердом веществе хвостохранилища по данным опробования приведённых С.Б. Бортниковой, (2006г.) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание элементов в хвостовых песках Комсомольского хвостохранилища, % [18]

Статистические параметры	As	Sb	Pb	Zn	Cu	Cd, г/т	Fe
Сред (n=10)	0,21	0,09	0,04	0,10	0,15	2,34	6,45
Мин.	0,042	0,01	0,024	0,06	0,1	Н.о	5,60
Мах.	0,32	0,18	0,067	0,30	0,05	6,95	8,85
Ст. откл.	0,08	0,05	0,01	0,07	0,05	2,38	0,88

Среднесуточный плановый сброс жидких стоков в хвостохранилище составлял 1000м³, но в связи с перебоями работы предприятия в 1993 г. реально было сброшено 200 тыс.м³, в 1995 г. - 1 40 тыс.м³. Эти цифры могут дать некоторое представление о возможных потерях вод при фильтрации в нижележащие водоносные горизонты и поверхностные воды помимо дренажной скважины. Дренаж хвостохранилища нейтрализуется от цианидов, тяжелых металлов и мышьяка химическим способом (с помощью железного купороса) на очистной станции, далее сток сбрасывается в р. Воскресенка [18].

Комсомольское хвостохранилище по своему морфологическому типу

относится к усыхающим техногенным озерам. Со временем вследствие постоянного оттока воды через дренаж озеро превращается в осушенное хранилище, в котором также складированы мышьяк содержащие отходы цианирования золотосодержащих руд, но отличающиеся по концентрации элементов.

Общий вид Комсомольского хвостохранилища в настоящее время представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Фотографии северной части (а) и южной части (б) ландшафта хвостохранилища.

Геоэкологическая изученность. Полномасштабные, комплексные исследования экологического состояния территории Комсомольского хвостохранилища проводились Бортниковой С.Б. и др. (2006) и описаны в монографии [18]. В монографии представлена геохимическая специфика изучаемой территории. В данной работе основной упор сделан на изучение водных растворов хвостохранилища (пульпа, вода гидроотвала, донный осадок, иловые растворы).

Отмечено, что опробование растворов хранилища проводилось на протяжении 9 лет, начиная с 1996 по 2005 гг. В 1996 году Комсомольский золотоизвлекательный завод не работал, и пробы были взяты после полугодового перерыва в сливе пульпы. В 1997 г. была отобрана свежая пульпа, а также наблюдалось за изменением состава поверхностных и

поровых вод в период активной деятельности предприятия. В 2005 году опробование производилось вновь после значительного перерыва в работе завода.

В монографии говорится, что в период с 1997 по 2005 год поверхностный слой воды значительно уменьшился, и увеличилась площадь песков, не покрытой водой. Как известно пески подвержены воздушному переносу на большие расстояния и осаждению на поверхности листьев растений, а также попадает в дыхательные пути человека, поэтому изучение воздействие хвостохранилища на атмосферу и окружающую среду в целом, является важной составляющей данного исследования.

Отработанные растворы, поступающие с пульпой в гидроотвал Комсомольского хвостохранилища, более агрессивны поскольку формируются в процессе цианирования руд. Процесс цианирования проводится в окислительных условиях и щелочных растворах. На выходе компонентный состав фильтрата пульпы является отражением технологического процесса (таблица 3) [18].

Таблица 3 – Содержание металлов в пульпе Комсомольского золотоизвлекательного завода [18]

Параметр	As	Sb	Fe	Zn	Cu	Pb	Cd
Фильтрат пульпы, мг/л	0,25	3,7	0,66	48	2,8	0,07	0,0004
Твердое вещество, г/т	2140	860	6,45 %	970	1460	400	2,34

При цианидном выщелачивании в растворимые формы переходят As, Sb и все сопутствующие тяжелые металлы (Fe, Cu, Zn, Cd, Hg) [18].

В веществе отходов, складированных в Комсомольском хвостохранилище, существенную долю составляют мышьяк и сурьма, содержания этих элементов довольно стабильны в площадном и вертикальном распределении, говорится в монографии.

В поверхностной воде Комсомольского хвостохранилища по

сравнению с фильтратом пульпы резко снижается жесткость и содержания других основных катионов (K, Na, Fe), хотя и не так сильно, как Ca и Mg. В то же время содержание HCO_3 повышается, а концентрации SO_4 и CN становятся меньше. Содержания металлов в растворе практически остаются на том же уровне, что и в пульпе, за исключением Zn, концентрации которого стали меньше на 3 порядка. Это закономерно, так как в технологическом процессе используется цинковая пыль, поэтому источник цинка в фильтрате пульпы не только руды, но и технологические добавки. Значения pH воды снижаются, колеблясь в узких пределах 8.1 ± 0.1 [18].

В поверхностных водах, содержание тяжелых металлов не превышают их ПДК, из общей картины распределения выделяется As и Sb, превышение над фоном на 2 и 4 порядка соответственно. Их содержания практически одинаковы во всех пробах (около 200 мкг/л As и 3600 мкг/л Sb в 1996 г.). Так же прослеживается изменение содержаний именно этих элементов в разных компонентах системы с течением времени. В поверхностной воде содержания As довольно стабильны, как в пространстве (по площади озера), так и во времени (на протяжении 1996-2005 гг.). Содержания Sb, превышающие содержания As почти на порядок, в 2005 г. существенно снизились [18].

В донном осадке Комсомольского техногенного озера содержания элементов довольно стабильны как по латерали, так и в вертикальных разрезах. Основная особенность этого хранилища - высокие содержания сурьмы в веществе отходов, что и определяет геохимический фон как самого озера, так и ореолов загрязнения вокруг него. В донных осадках содержания элементов отличаются от их концентраций в поверхностной части отходов: заметно меньше содержания As, Zn, Pb, Cu, а Sb становится почти в 2 раза больше. Следует отметить и гораздо более низкие содержания Fe по сравнению с водами гидроотвала [18].

В иловых растворах Комсомольского озера возрастают по сравнению с поверхностной водой концентрации сульфат-иона и хлорид-иона,

повышается и жесткость. Концентрация бикарбоната HCO_3 достигает 170 мг/л. В целом ионный состав растворов может быть охарактеризован как гидрокарбонатно - сульфатный, магний-кальций-натриевый. Наиболее важные изменения касаются резкого увеличения концентраций As почти на порядок (до 1700 мкг/л) и уменьшения Sb (до 340 мкг/л). В результате изменяются отношения Sb/As от -18 в поверхностных водах до -0.19 в иловых [18].

Автором монографии отмечается, что происходит увеличение концентрации Cu в паровых водах до 410 мкг/л при довольно стабильных концентрациях Zn и Cd.

Так же С.Б. Бортниковой и др. (2016) изучался перенос элементов в газоаэрозольной фазе из отвалов Комсомольского золотоизвлекательного завода. В работе представлены результаты полевых и лабораторных исследований парогазового выноса элементов из вещества сульфидсодержащего хвостохранилища. Установлено что в приземном слое атмосферы над хвостохранилищем содержание диоксида серы более чем в 10 раз превышает ПДК. За счет эмиссии из грунта в воздух поступает широкий ряд химических элементов, которые традиционно не считаются летучими при низких температурах (Fe, Al, Mn и др.) [19].

Подвижность элементов при фазовом разделении поровых растворов на солевой остаток и парогазовую фазу зависит от форм нахождения элементов в поровых растворах и увеличивается при возрастании доли акваионов и уменьшении количества комплексных соединений, которые в основном остаются в солевом остатке. Ряд подвижности элементов: $\text{Fe} < \text{As} < \text{Cd} < \text{Al} < \text{Mn} < \text{Pb} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Mg} < \text{Cr} < \text{Li} < \text{Ba} < \text{Ca} < \text{Sr} < \text{K} < \text{Na}$, – согласуется с долевым соотношением акватированных ионов и сульфатных комплексов [19].

Превышение уровня ПДК и ОБУВ в воздухе над хвостохранилищем определено для диоксида серы, мышьяка, свинца, никеля, цинка [19].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Исходный материал и методика отбора проб

Объектом биогеохимических исследований явились листья березы повислой (*Betula pendula*) – рисунок 4. Это распространенный вид и древесный эдификатор в Сибирском регионе. Являясь мезофитом, береза хорошо переносит засухи, светолюбива, мало требовательна к плодородию почвы, часто произрастает на месте сведенных или сгоревших лесов, широко используется в защитном лесоразведении в условиях повышенной техногенной нагрузки. Береза проявляет высокую пыле-, дымо-, и газо-, устойчивость и успешно выполняет защитные и санитарно-гигиенические функции. В листья из воздуха поступает значительное количество токсичных компонентов, тем самым частично очищая его от вредных примесей [40].

Лист березы активно используется в эколого-геохимических исследованиях в связи его относительно высокой способности к накоплению загрязняющих веществ и интенсивному изменению элементного состава листовой при изменении техногенной нагрузки.

Таким образом, листья березы является депонирующей средой, накапливающие в себе большое количество загрязняющих веществ и могут служить индикатором состояния окружающей среды.



Рисунок 4 – Береза повислая (*Betula pendula*): 1 – общий вид,
2 – листья березы

С целью оценки эколого-геохимического состояния территории Комсомольского хвостохранилища был произведен отбор листьев березы повислой (*Betula pendula*) по равномерной сети наблюдения – рисунок 5.

Всего на исследуемой территории было отобрано 21 проба листьев березы включая фоновую. Фоновая проба отобрана в пос. Макаракский на берегу р. Кия в 10 км на юго-запад от хвостохранилища.

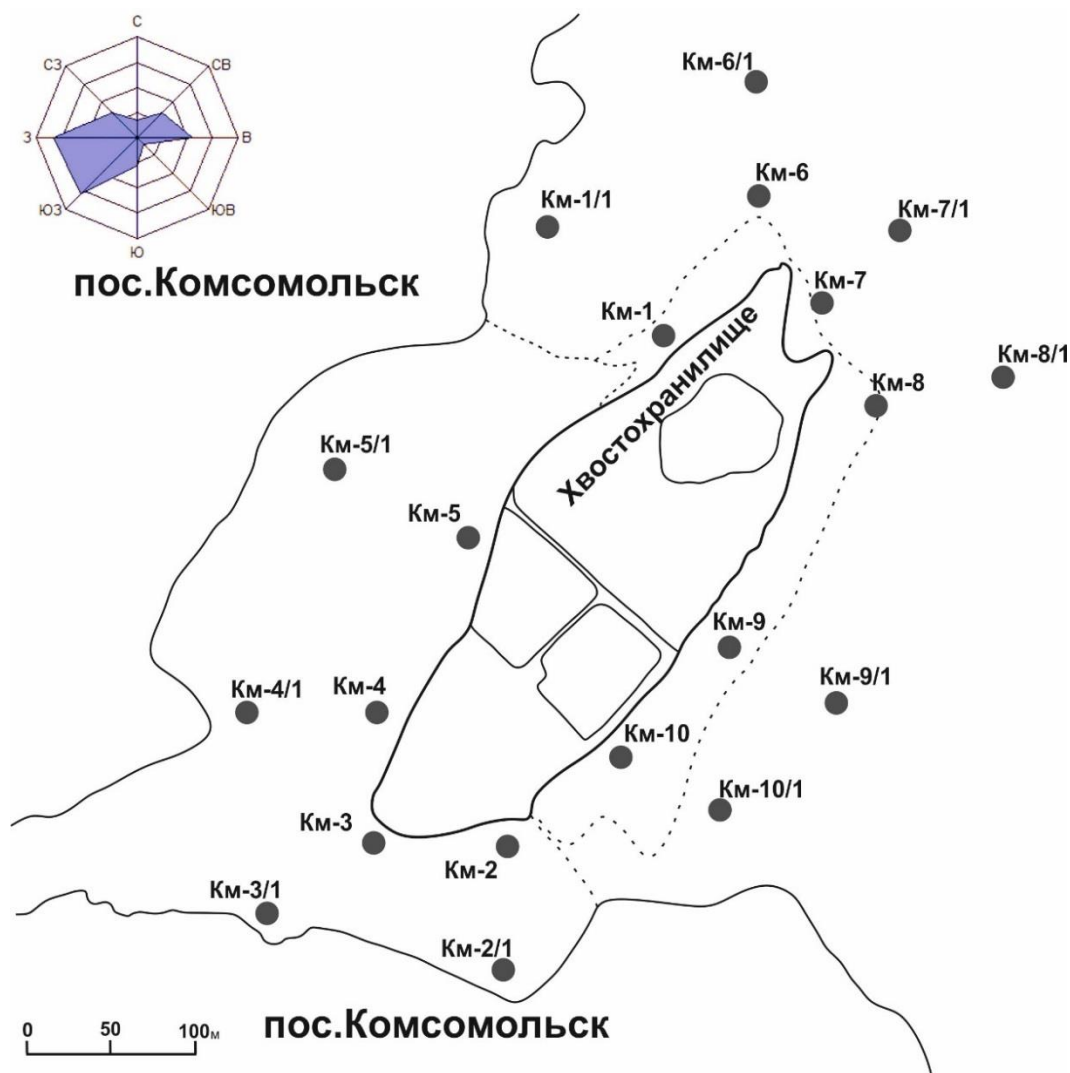


Рисунок 5 – Схема расположения мест отбора проб листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории пос. Комсомольск

Опробование листьев березы производили во второй декаде июля 2015г. по радиальной сети от внешней границы хвостохранилища с шагом 250 м по 10 профилям. Масса биогеохимической пробы составляет 100-200г сырого вещества. С одного вида дерева отбирают по 20-25 листьев в каждом

пункте наблюдения. Пробу маркировали, указывая номер. Листья с деревьев и отбирали в матерчатых перчатках. Для отбора проб использовали: нож, садовые ножницы, сучкорез.

Листья отбирали методом средней пробы (стараясь задействовать ветки разных сторон горизонта – север, юг, запад, восток) на высоте 1,5-2 м от поверхности земли с примерно одновозрастных деревьев. Для упаковки проб использовали крафт пакеты «Стерит».

3.2 Пробоподготовка и методы лабораторных исследований

Определение валового состава макро- и микроэлементов в образцах сухого вещества листьев березы проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в аккредитованном химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск) (рисунок 6).



Рисунок 6 – Масс - спектрометр химико-аналитического центра «Плазма», г. Томск

Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) сегодня является одним из наиболее универсальных методов анализа элементного состава вещества. В аналитической химии ICP-MS заняла место чрезвычайно быстрого, эффективного и высокочувствительного метода

количественного одновременного определения многих элементов в широком диапазоне концентраций. Этот метод предназначен для анализа жидких, твердых и газообразных проб с обширным спектром применений: экология, - медицина, биология, геология и геохимия, криминалистика, фармацевтическая, пищевая и др.

Подготовка проб для количественного элементного анализа включала просушивание при температуре окружающей среды, механическое измельчение, взятие навески и разложение в концентрированной азотной кислоте по стандартной методике.

Разложение проб проводилось согласно стандартной методике МУК 4.1.1483-03 (Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой) [136].

Методика предназначена для количественного определения методом ICP-MS элементов (Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Pt, Rb, P, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Zn, Zr) в диагностируемых биосубстратах: волосы, ногти, кровь, плазма, грудное молоко, моча, аутопсийные материалы (печень, почки, миокард, плацента), слюна, зубы и в препаратах аминокислот, поливитаминных препаратов с микроэлементами, биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления.

Навески проб массой 0,10 г помещались во фторопластовый цилиндр и добавлялось 5 мл HNO_3 конц. Разложение проб проводилось в микроволновой системе разложения со встроенным бесконтактным датчиком температуры и давления BERGHOF. Растворенные проба количественно переносились в мерную полипропиленовую пробирку.

Измерения проводились на масс-спектрометре Elan DRC-e. Для снижения ошибки измерения проводились как из разбавленных растворов проб, так и из неразбавленных. Для контроля точности анализа

использовались стандартные образцы состава травосмеси Тр-1, листа березы ЛБ-1, элодеи канадской ЭК-1. Ошибка определения элементов не превысила 10 %

3.3 Методика обработки результатов аналитических исследований

Для обработки и обобщения результатов аналитических исследований применялось следующее программное обеспечение: Microsoft Office Word 2013, Microsoft Office Excel 2013, STATISTICA 7.0. При построении карто – схем в свою очередь использовались Surfer, CorelDRAW Graphics Suite X6.

Статистическая обработка данных включала в себя расчет элементов описательной статистики (среднее содержание, стандартная ошибка, минимальное и максимальное содержания, медиана, мода, дисперсия, коэффициент вариации) при уровне надежности 95 %. Проверка гипотезы о нормальном распределении элементов в выборке выполнялась с применением критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Для наглядности также гистограммы распределения по каждому из элементов с обозначением ожидаемого нормального распределения.

Для характеристики корреляционной связи между содержаниями двух химических элементов рассчитывались парные коэффициенты корреляции по критерию Пирсона для нормального распределения и Спирмена при отличии распределения от такового. При оценке значимости корреляции рассчитывалась с помощью счетчика вероятности на уровне значимости $p=0,05$ для заданного объема выборки [53]. Так же строились графассоциации для наглядного представления геохимического спектра элементов.

4 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА НА ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Термин «тяжелые металлы» был заимствован из технической литературы, относящийся к этой группе химические элементы, обладающие свойствами металлов и металлоидов с плотностью более 5 г/см³ [2]. Для биологической классификации целесообразнее руководствоваться не плотностью, а атомной массой [34]. С этих позиций к тяжелым металлам относятся химические элементы с атомной массой более 40 у.е. [66] или более 50 у.е. [34, 1, 22]. В исследованиях биологов, экологов и биогеохимиков чаще всего рассматриваются Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Hg, As [2, 34, 3, 60].

Статистические параметры валового содержания тяжелых металлов и мышьяка приведены в таблице 4.

О наличии участков с аномальными значениями данных элементов свидетельствуют такие показатели, как стандартная ошибка, коэффициент вариации и другие представленные в таблице 4. При расчете статистических показателей, аномальные значения не учитывались: значения ниже предела обнаружения заменялись на половину предела, аномально высокие концентрации были заменены на значения, равные среднему содержанию плюс три стандартные ошибки.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов и мышьяка в сухом веществе листвы березы повислой (*Betula pendula*), мг/кг (n=20)

Элемент	Среднее арифметическое ± Стандартная ошибка (пределы)	Стандартное отклонение	Медиана	Коэффициент вариации, %	Фон (пос. Макарацкий)
1	2	3	4	5	6
Mg	3646,80 ± 317,241 (1000 – 7417)	1418,745	3383,50	39	4100
Ca	10540,25 ± 499,83 (7905 – 18004)	2235,310	10427,00	21	9892

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Ti	46,67±7,602 (19,9 – 165)	33,998	34,21	73	51
Cr	2,40±0,051 (1,89 - 2,82)	0,227	2,37	9	2,7
Mn	402,17±60,415 (83,3 – 1296)	270,186	354,00	67	65
Fe	144,88±9,377 (85 – 272)	41,933	134,50	29	140
Co	0,37±0,041 (0,21 - 1,05)	0,183	0,32	49	0,26
Ni	2,92±0,427 (0,29 - 7,62)	1,910	2,43	65	1,95
Cu	5,22±0,226 (3,34 - 6,9)	1,011	5,04	19	6,8
Zn	161,63±17,146 (59,9 – 293)	76,681	136,00	47	160
As	0,23±0,038 (0,068 - 0,83)	0,171	0,19	75	0,13
Rb	6,51±0,977 (1,53 - 14,4)	4,368	5,36	67	1
Mo	0,04±0,006 (0,005 - 0,12)	0,027	0,03	74	0,29
Ag	0,01±0,001 (0,001 - 0,02)	0,004	0,01	63	0,028
Cd	0,18±0,024 (0,058 - 0,53)	0,107	0,16	60	0,08
Sb	0,08±0,022 (0,016 - 0,45)	0,098	0,05	115	0,08
Ba	93,80±9,574 (36,4 – 170)	42,816	96,20	46	87
W	0,01±0,007 (0,001 - 0,14)	0,031	0,00	295	0,009
Hg	0,01±0,001 (0,00 - 0,01)	0,003	0,01	47	0,01
Pb	0,32±0,022 (0,17 - 0,5)	0,100	0,32	31	0,37

Анализ разброса минимальных и максимальных значений относительно среднего позволяет дать первичную оценку эколого-геохимического состояния территории. Так, по незначительному разбросу и

соответствию среднего медианному значению, мы можем судить о нормальном распределении Cr, Ca, As, Ag, Cd, Hg Pb, Co, а также близком к нормальному для Fe, Ni, Sb, Ba.

Коэффициент вариации показывает насколько велико относительное рассеивание содержаний элементов в выборках по сравнению со средним значением. Однородные выборки (< 50) установлены для Mg, Ca, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ba, Hg, Pb; недифференцированные выборки (50-70) – Mn, Ni, Rb, Ag, Cd; сильно неоднородные (70-100) выборки – Ti, As и Mo; крайне неоднородные (>100) – Sb и W.

Для предварительной проверки гипотезы о нормальном распределении содержаний химических элементов в выборке использованы тесты Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Хи-квадрат Пирсона [53]. Результаты тестов в виде гистограмм приведены на рисунке 7.

Гистограммы отображают распределение частот значений содержаний элемента по интервалам и дают наглядное представление о форме распределения и числовых характеристиках содержаний элемента.

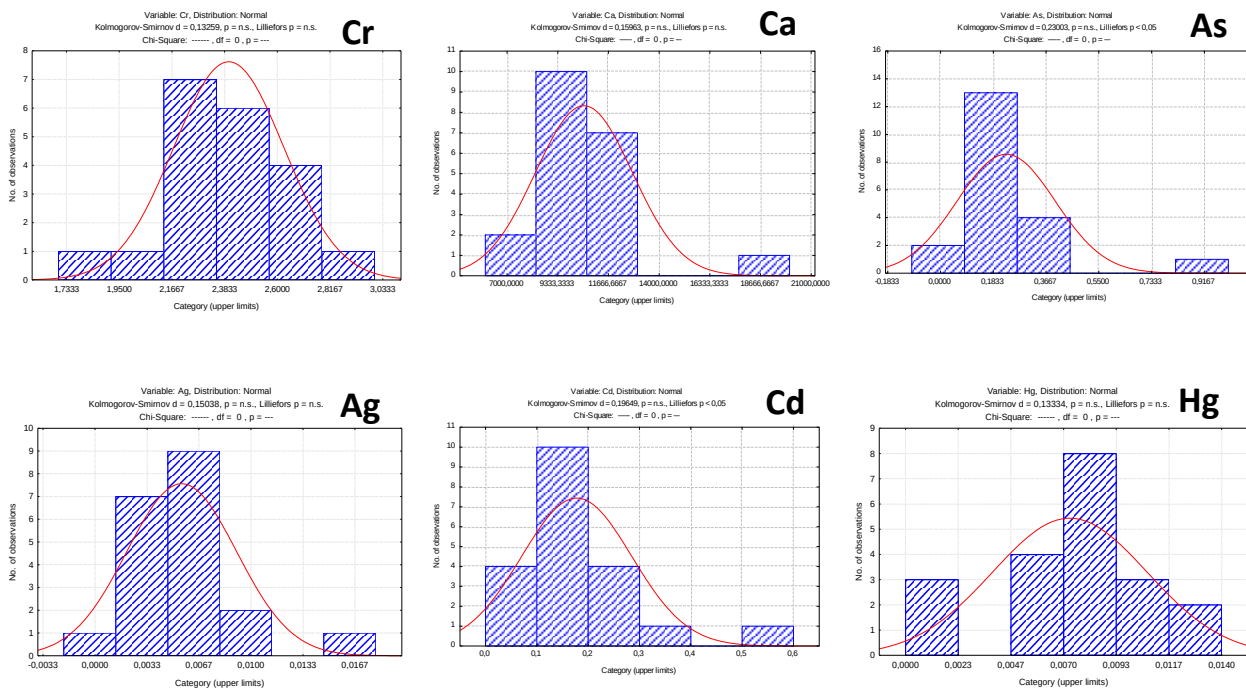


Рисунок 7 - Гистограммы распределения тяжелых металлов и мышьяка в листьях березы повислой (*Betula pendula*) и кривой плотности нормального закона распределения с результатами тестов

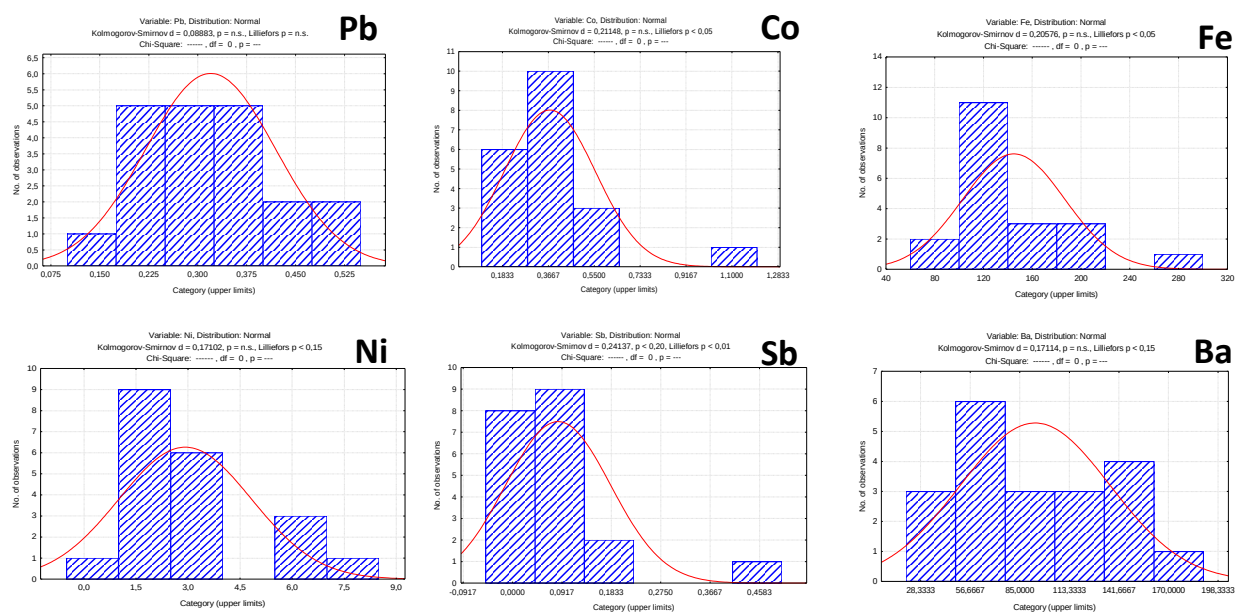


Рисунок 7 - Гистограммы распределения тяжелых металлов и мышьяка в листьях березы повислой (*Betula pendula*) и кривые плотности нормального закона распределения с результатами тестов

На рисунке 8 наглядно представлен график сопоставления средних содержаний тяжелых металлов и мышьяка в сравнении с данными по стандартному образцу состава листа березы, литературными данным по сухому веществу и фоном.

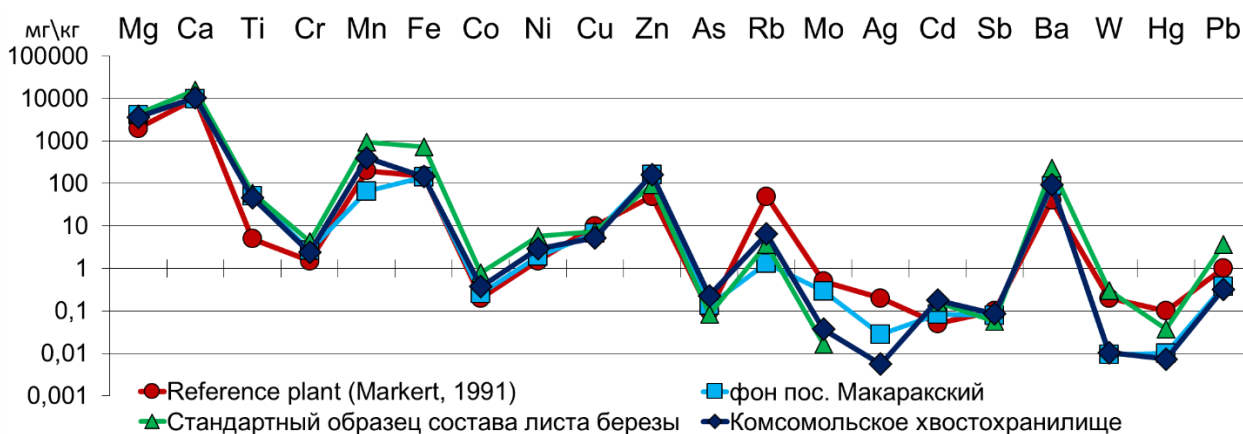


Рисунок 8 - Распределение средних концентраций химических элементов в листьях березы повислой (*Betula pendula*) Комсомольского хвостохранилища в сравнении с фоном, стандартным образцом состава листа березы и литературными данными по сухому веществу.

На графике (рисунок 8) отмечается заметное превышение, по сравнению с фоном, средних содержаний мышьяка, кадмия, марганца, никеля, рублидия и железа. В сравнении с реферативными данными выделяются такие элементы как: магний, титан, хром, кадмий, так же незначительное превышение имеют кобальт, никель, цинк и барий. При сопоставлении данных со стандартным образцом листа березы выделяются: мышьяк, барий, молибден и рублидий. Другие элементы демонстрируют средние содержания на уровне и ниже фоновых и нормативных данных.

Мышьяк (As) Распределение мышьяка на исследуемой территории неравномерное (рисунок 9,1). Пределы содержания мышьяка на территории Комсомольского хвостохранилища - 0,068 - 0,83 мг/кг при среднем значении – 0,23 мг/кг. Максимальное содержание мышьяка отмечается в северной части, где сосредоточено большое количество хвостовых песков и располагается усыхающее техногенное озеро. Фоновые значения содержания мышьяка составляют 0,13 мг/кг, что в 2 раза меньше среднего по хвостохранилищу. Содержание мышьяка в стандартном образце листа березы находятся в диапазоне 0,20 - 0,26 мг/кг, что соответствует среднему значению для исследуемой территории.

Кадмий (Cd) Содержание колеблется в пределах 0,001 - 0,02 мг/кг. Среднее значение составляет 0,18 мг/кг. Максимум отмечается в северной части хвостохранилища (Км - 1). Повышенные концентрации располагаются на территории усыхающего техногенного озера, северная, северо – западная часть хвостохранилища (рисунок 9,2). Концентрация кадмия на фоновом участке составляет 0,08 мг/кг. Содержание в стандартном образце – 0,16 мг/кг, соответственно концентрация кадмия превышает фоновые показания и данные по стандартному образцу (в 2,2 и 1,2 раза соответственно).

Марганец (Mn) Минимальное и максимальное содержание марганца составляет 83,3 мг/кг и 1296 мг/кг при среднем значении 402,17 мг/кг. Максимальные показания отмечены в районе, где располагался золотоперерабатывающий завод и хвосты последнего периода эксплуатации

предприятия (рисунок 9,5). Содержание на фоновой территории составляет 65 мг/кг, в стандартном образце состава листа березы 930 мг/кг. Таким образом концентрация марганца на территории всего хвостохранилища выше фоновых показателей, также максимальные концентрации выше содержания в стандартном образце. Согласно данным по усредненным значениям нормальных и избыточных концентраций в растениях (таблица 5) содержание марганца на исследуемой территории можно охарактеризовать как избыточное.

Железо (Fe) Распределение железа по территории хвостохранилища конформно распределению марганца (рисунок 9,6). Высокие концентрации наблюдаются в районе расположения бывшего золотоперерабатываемого завода. Содержание железа варьируется в пределах от 85 до 272 мг/кг. Среднее значение составляет 144,88 мг/кг, что больше фоновых показателей - 140 мг/кг, но ниже чем в стандартном образце листа березы - 730 мг/кг. Однако максимальное содержание в полтора раза превышает реферативные данные [106] – 150 мг/кг.

Кобальт (Co) Пределы содержания кобальта 0,21 - 1,05 мг/кг, среднее значение по исследуемой территории 0,37 мг/кг. Максимальное содержание зафиксировано, в тех же пробах, что у марганца и железа - рисунок 9 - 8. Значения, полученные на фоновом участке - 0,26 мг/кг, а также по реферативным данным [109] - 0,20 мг/кг, что ниже среднего по хвостохранилищу. Концентрация в стандартном образце составляет 0,79 мг/кг, выше среднего, но меньше максимального значения. Содержание кобальта согласно таблице 5 – избыточное.

Цинк (Zn) Распределение цинка по территории хвостохранилища, неравномерно. Разброс содержаний цинка 59,9 – 293 мг/кг, усредненное значение 161,63 мг/кг. Концентрация цинка на исследуемой территории согласно данных [102] (таблица 5) – избыточное. Максимум отмечается по все территории усыхающего техногенного озера, а также вдоль восточной границы хвостохранилища. Содержание цинка в фоновой пробе – 160 мг/кг,

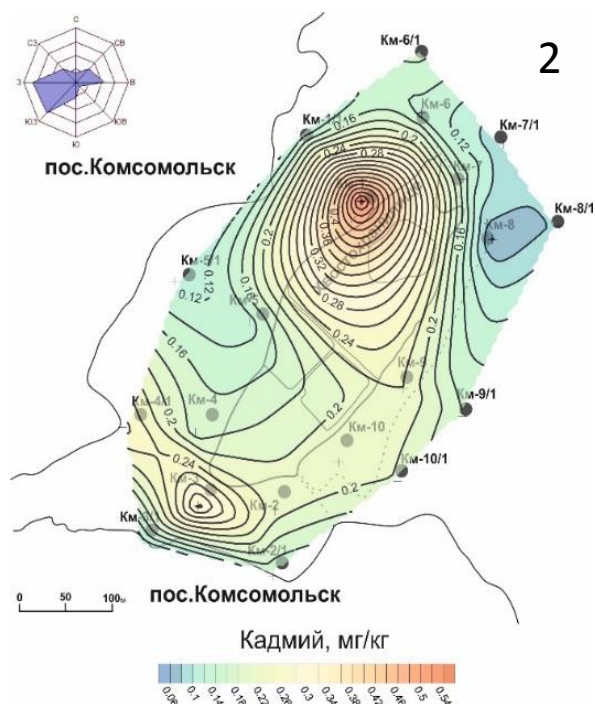
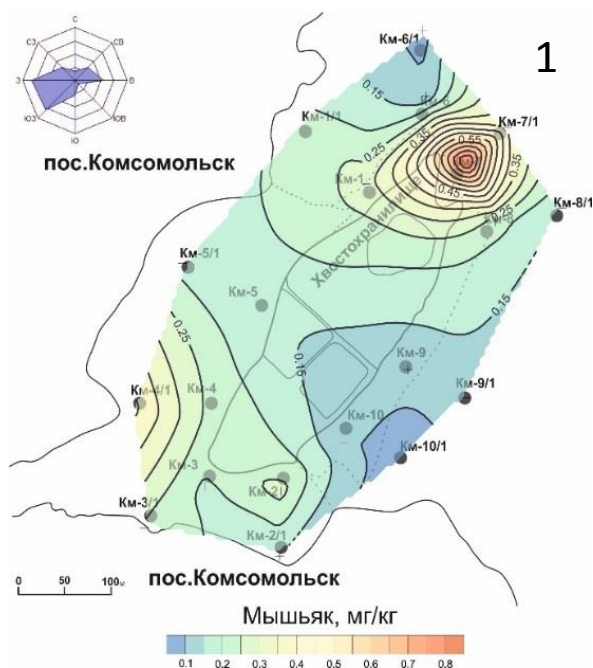
что соответствует среднему по исследуемому объекту. Однако, содержание цинка в стандартном образце составляет 94 мг/кг, что в 1,7 раз больше средних значений и в 3 раза больше максимальной концентрации, отмеченной в точка пробоотбора Км - 1 и Км – 10 (бывший золотоизвлекательный завод, а также хвосты, образовавшиеся в последний период функционирования предприятия) – рисунок 9,3.

Никель (Ni) Распределение никеля в листьях березы повислой по территории Комсомольского хвостохранилища характеризуется крайне неравномерно. Минимальное, среднее и максимальное значения составляют 0,29; 2,92 и 7,62 мг/кг. Максимальные значения отмечаются по внешней границе хвостохранилища (точки пробоотбора Км-2/1 Км-4/1 Км-5/1) (рисунок 9,7). Фоновые значения для никеля составляют 1,95 мг/кг, что почти в полтора раза выше средних значений по исследуемой территории. Согласно реферативных данных (таблица 5), концентрация никеля в сухой массе растений в пределах нормы.

Рубидий (Rb) Содержания варьируются от 1,53 мг/кг до 14,4 мг/кг, среднее значение составляют 6,51 мг/кг. Распределение рубидия по территории хвостохранилища неравномерное, аномально высокие концентрации прослеживаются вдоль западной границы хвостохранилища с переходом в юго-восточную часть исследуемой территории (рисунок 9,4). Фоновые значения составляют 1 мг/кг что более чем в 6 раз выше средних показаний на изучаемой территории и в 14 раз превышает максимальные концентрации. Относительно данных по стандартному образцу состава листа березы – 13,7 мг/кг, среднее содержание меньше более чем в 2 раза, а максимальные значения превышены незначительно.

Таблица 5 – Усредненные значения нормальных и избыточных концентраций некоторых элементов в растениях (мг/кг сухой массы) [102]

Элемент	Достаточное/нормальное	Избыточное/токсичное
As	1-1,7	5-20
B	1-7	10-50
Cd	0,05-0,2	5-30
Co	0,02-1	15-50
Cr	0,1-0,5	5-30
Cu	5-30	20-100
Mn	30-300	400-1000
Mo	0,2-5	10-50
Ni	0,1-5	10-100
Pb	5-10	30-300
Se	0,01-2	5-30
Sb	7-50	150
Zn	27-150	100-400



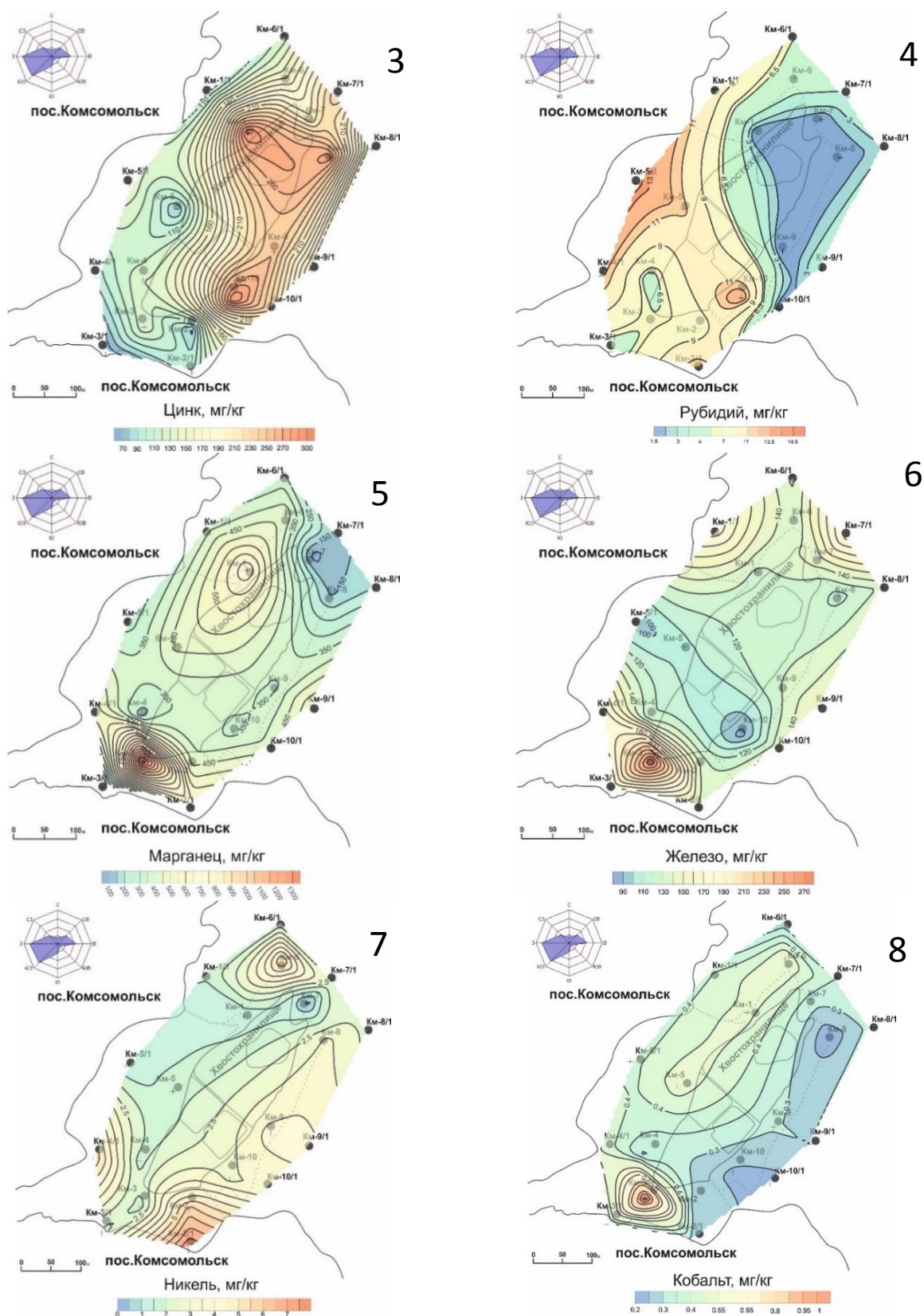


Рисунок 9 – Распределение концентраций тяжелых металлов и мышьяка в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) по территории Комсомольского хвостохранилища: 1 - мышьяк, 2 - кадмий, 3 -цинк, 4 - рубидий, 5 - марганец, 6 - железо, 7 - никель, 8 - кобальт.

Коэффициент концентрации. В данной работе нами использован геохимический показатель - коэффициент концентрации (Кс).

Коэффициент концентрации – отношение среднего арифметического содержания элемента в листьях березы в выборке проб хвостохранилища к содержанию элементов в листьях березы отобранных на условно фоновой территории пос. Макаракий. Коэффициенты концентрации тяжелых металлов и мышьяка представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициенты концентрации тяжелых металлов и мышьяка в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) Комсомольского хвостохранилища

Коэффициент концентрации относительно фона													
№ пробы	Mg	Ca	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	As	Rb	Cd	Sb	Ba	W
Км -1	1,1	1,3	3,2	10,7	0,9	1,8	0,6	2,1	1,4	6,4	1,8	0,1	1,1
Км -1/1	0,8	1,2	1,0	5,7	1,4	1,5	0,8	1,6	7,8	1,3	0,4	0,1	0,8
Км -2	0,6	0,8	1,8	6,7	1,0	1,1	3,0	2,0	5,9	2,5	0,5	1,4	0,6
Км -2/1	0,6	1,1	1,5	9,5	1,0	1,1	3,9	1,1	9,3	1,7	0,7	0,6	0,6
Км -3	0,8	0,9	0,7	19,8	1,9	4,1	0,9	1,4	5,1	4,0	0,5	0,1	0,8
Км -3/1	0,7	1,0	0,4	2,3	1,2	1,2	0,9	1,8	3,9	1,0	1,0	0,3	0,7
Км -4	0,6	1,1	0,7	4,2	0,9	1,1	0,9	1,9	4,3	2,0	1,4	0,7	0,6
Км -4/1	0,9	1,2	0,9	8,2	1,3	1,8	2,9	3,1	9,5	3,3	5,7	1,1	0,9
Км -5	0,6	0,9	0,6	7,1	0,8	1,9	0,9	1,2	8,7	1,6	0,5	0,1	0,6
Км -5/1	0,6	1,0	0,6	4,0	0,7	1,5	0,6	1,3	11,0	1,3	1,3	0,2	0,6
Км -6	1,0	1,2	1,0	6,7	0,9	2,0	2,9	0,8	3,9	1,6	0,7	0,1	1,0
Км -6/1	0,8	0,8	0,5	4,7	0,9	0,9	0,7	0,6	5,1	2,0	0,3	0,1	0,8
Км -7	1,0	1,8	0,7	1,3	1,1	1,3	0,1	6,2	1,5	1,8	1,5	15	1,0
Км -7/1	1,3	1,1	0,8	1,9	1,4	1,4	1,3	3,0	2,8	1,0	2,4	0,4	1,3
Км -8	1,0	1,1	1,3	2,2	0,8	0,8	1,6	1,6	1,4	0,7	0,6	0,3	1,0
Км -8/1	1,2	0,9	0,5	2,9	0,9	1,2	1,2	1,1	2,3	1,0	0,5	0,4	1,2
Км -9	1,8	1,0	0,5	5,2	0,9	1,2	1,9	0,8	1,2	2,7	0,3	0,4	1,8
Км -9/1	0,2	1,1	0,5	8,3	1,1	1,2	1,9	1,0	2,9	1,9	1,0	0,2	0,2
Км -10	0,8	1,1	0,5	5,2	0,6	0,9	1,5	0,8	10,3	2,7	0,2	0,6	0,8
Км -10/1	1,3	0,9	0,4	6,5	1,0	0,9	1,6	0,5	1,3	2,4	0,2	0,4	1,3
Среднее	0,9	1,1	0,9	6,2	1,0	1,4	1,5	1,7	5,0	2,1	1,1	1,1	0,9

Примечание: Жирным шрифтом выделены значения Кс >1,5.

На рисунке 10 представлен геохимический ряд в порядке убывания коэффициентов концентрации $Mn_{6,2} > Rb_{5,0} > Cd_{2,1} > As_{1,7} > Ni_{1,5} > Co_{1,4}$.

Исходя из полученных нами данных можно сделать вывод о том, что в листьях березы повислой на территории Комсомольского хвостохранилища наиболее интенсивно происходит накопление марганца, рубидия, кадмия и мышьяка.

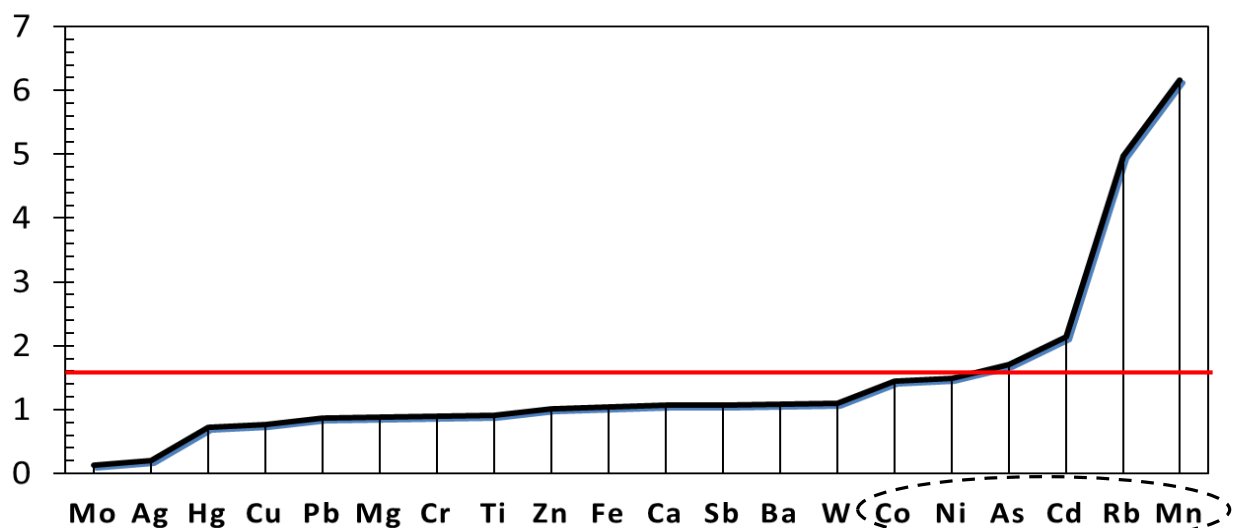


Рисунок 10 – Коэффициенты концентрации тяжелых металлов и мышьяка в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища относительно условного фона. Примечание: красной линией отмечен $K_c = 1,5$

Суммарный показатель загрязнения. Общую геохимическую трансформацию растительности хвостохранилища характеризует суммарный показатель загрязнения $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где n – число элементов с $K_c > 1,5$ (таблица 6). Градаций для растений пока не разработано, поэтому в работе используются уровни Z_c почв [8,41].

Особенность суммарной аккумуляции тяжелых металлов и мышьяка листьями березы повислой на территории хвостохранилища отображено на рисунке 11.

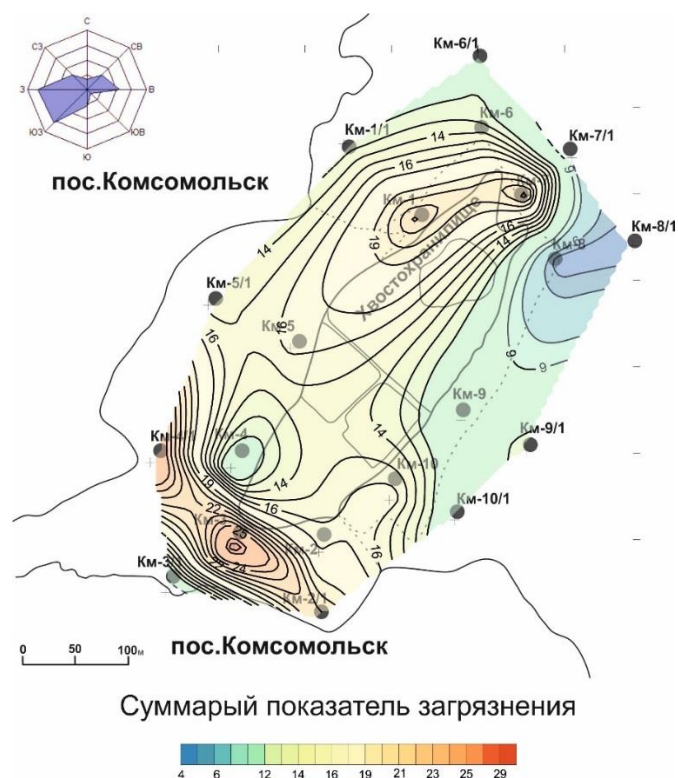


Рисунок 11 – Распределение уровня загрязнения по территории Комсомольского хвостохранилища.

Представленная выше карта (рисунок 11) говорит о том, что особенно интенсивная суммарная аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка концентрируется в южной части хвостохранилища, где располагался бывший золотоизвлекательный завод, а также в северной и центральной части хвостохранилища, где располагается усыхающее техногенное озеро.

Рассчитывался суммарный показатель загрязнения листьев березы в среднем по хвостохранилищу:

$СПЗ = \sum KK(Mg+Ca+Ti+Co+Ni+Zn+As+Cd+Sb+Ba+W) - (11 - 1) = 26,54$ – соответствует среднему уровню загрязнения;

$СПЗ = \sum KK(Mg+Ca+Ti+Co+Ni+Zn+As+Cd+Sb+Ba+W+Rb) - (12 - 1) = 31,17$ – соответствует среднему уровню загрязнения;

$СПЗ = \sum KK(Mg+Ca+Ti+Co+Ni+Zn+As+Cd+Sb+Ba+W+Rb+Mn) - (13 - 1) = 36,58$ – соответствует высокому уровню загрязнения.

Согласно расчетам, наибольший вклад в суммарный показатель загрязнения вносят такие элементы как: марганец и рубидий.

Эссенциальные и токсичные элементы

Для оценки значимости элементов для растений учитываются их биохимические и физиологические функции [101, 90]. Cu участвует в окислении, фотосинтезе, метаболизме протеинов и углеводов; Fe – в синтезе хлорофилла и фиксации N; Mn – в фотолизе воды и синтезе нуклеиновых кислот; Mo – в фиксации N, абсорбции и перемещении Fe; Zn – в формировании хлорофилла, активации ферментов, метаболизме углеводов и белков [8,36]. Эссенциальные элементы участвуют в метаболизме организма и не могут быть заменены другими для выполнения биохимической роли [36]. Токсичные элементы (Pb, Cd, Sb, As, Tl, In, Bi, Hg, Ge и др.) могут оказывать негативные эффекты на развитие растений, вызывать повреждения клеток в результате окисления, изменение проницаемости клеточных мембран и т.д. [20, 110].

Состояние растений оценивается по величине отношений Fe/Mn и Pb/Mn. Fe/Mn является информативным показателем процесса фотосинтеза, а Pb/Mn характеризует отношение техногенных и биофильных элементов [20, 27, 26]

В листьях березы повислой величина Fe/Mn незначительна, что говорит о высокой концентрации марганца и о низких значениях по сравнению с фоном (таблица 7). Pb/Mn отношение техногенных и биофильных элементов так же ненарушено. Наибольшие уровни Fe/Mn (1,5 и 1,7) и Pb/Mn (0,005 и 0,003) в листьях березы установлены в северной части хвостохранилища, где располагается усыхающее техногенное озеро. Меньшие величины соотношений выявлены в листьях берёзы, произрастающей на периферийной территории вокруг хвостохранилища (0,23 для Fe/Mn и 0,005 для Pb/Mn).

Для оценки интенсивности фотосинтеза и роста растений использован показатель Mo/Mn, контрастность которого значительна. Для листьев березы в среднем по хвостохранилищу величина Mo/Mn более чем в 40 раз меньше, чем на фоновом участке (рисунок 12).

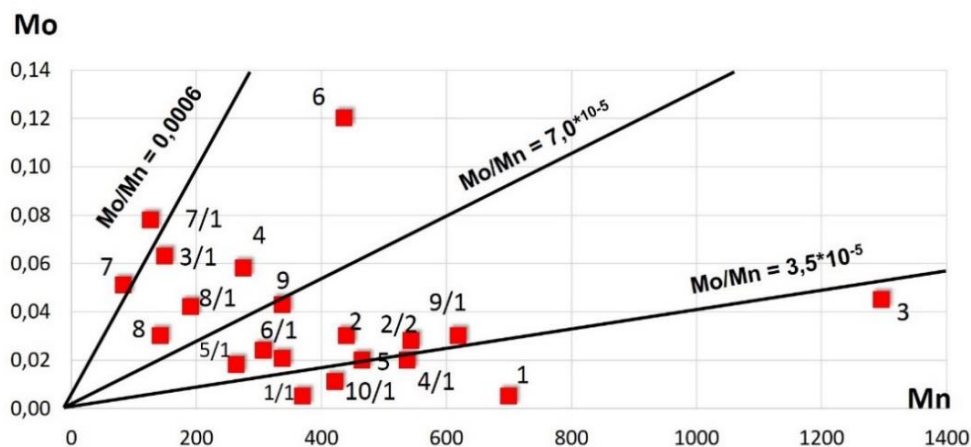


Рисунок 12 – Отношения содержания Mo/Mn в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*)

Для выявления различий в биогеохимической специализации использовался показатель Sb/Mo. Это отношение примерно в 11 раз выше, чем в фоновых растениях. Показатель Sb/Mo в листьях березы < 1 практически во всех точках исследований – таблица 7. Это говорит о том, что токсичные элементы преобладают над эссенциальными. Для наглядности построен график Sb/Mo отношения для всех проб выборки (рисунок 13).

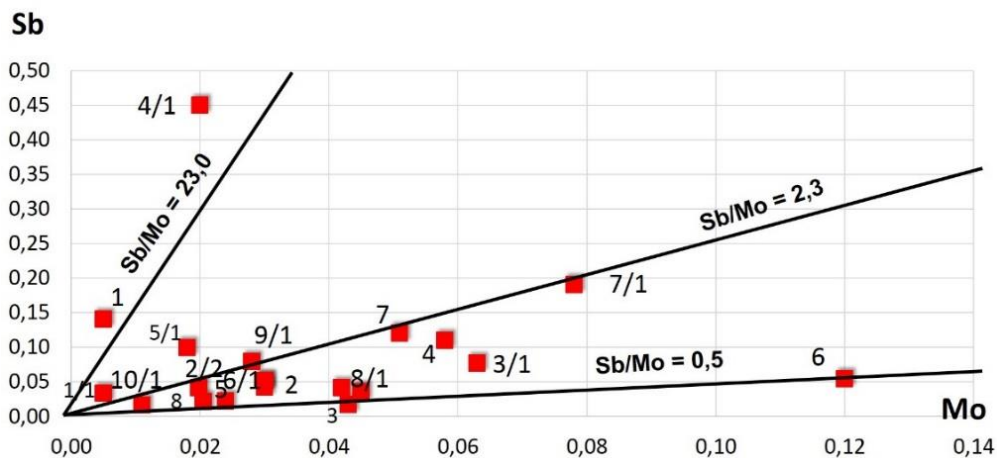


Рисунок 13 – Отношения содержания Sb/Mo в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*)

Для интегральной оценки соотношения токсичных и эссенциальных элементов использован показатель $(Cd \cdot As \cdot Sb \cdot Pb) / (Cu \cdot Mn \cdot Mo \cdot Zn)$, позволяющий выявить характер накопления токсичных элементов в растениях. Так, соотношение значительно > 1 указывает на прогрессирующий характер загрязнения, когда накопление токсичных

элементов по сравнению с эссенциальными происходит более активно [20]. Среди изучаемых проб наибольшим показателем выделяются пробы №7 и №3/1. Средние значения на изучаемой территории находится на уровне фона – таблица 7.

Таблица 7 – Отношение элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища, раз

Проба	Mn/Fe	Pb/Mn	Sb/Mn	Mo/Mn	(Cd+As+Sb+Pb)/ (Cu+Mn+Mo+Zn)
1	2	3	4	5	6
Км -1	0,18	0,0005	28,00	0,000007	0,824
Км -1/1	0,51	0,0012	6,60	0,000014	0,649
Км -2	0,32	0,0004	1,40	0,000068	0,678
Км -2/1	0,22	0,0005	1,73	0,000049	0,388
Км -3	0,21	0,0001	0,80	0,000035	0,295
Км -3/1	1,13	0,0015	1,22	0,000423	1,222
Км -4	0,45	0,0008	1,90	0,000211	0,993
Км -4/1	0,35	0,0007	22,50	0,000037	1,359
Км -5/1	0,35	0,0008	5,50	0,000068	0,787
Км -6	0,30	0,0007	0,45	0,000275	0,443
Км -6/1	0,41	0,0011	0,92	0,000078	0,631
Км -7	1,79	0,0050	2,35	0,000612	3,162
Км -7/1	1,54	0,0028	2,44	0,000614	1,538
Км -8	0,82	0,0020	1,67	0,000211	0,743
Км -8/1	0,69	0,0020	0,98	0,000220	0,789
Км -9	0,39	0,0015	1,02	0,000061	0,676
Км -9/1	0,28	0,0005	2,82	0,000052	0,457
Км -10	0,25	0,0009	0,40	0,000127	0,564
Км -10/1	0,32	0,0012	1,45	0,000026	0,515
Среднее	0,54	0,0012	2,28	0,000092	0,859
фон пос. Макарацкий	2,14	0,0057	0,27	0,004426	0,002

Корреляционный анализ. Производился расчет коэффициентов корреляции по данным ICP-MS. В силу того, что распределение большинства интересующих нас микроэлементов в листьях на изучаемой территории соответствует нормальному закону распределения следует уделить внимание ранговым коэффициентам корреляции Пирсона. Критическое значение коэффициентов корреляции составило $r_{0,05} = 0,44$ при $n=20$.

Проведя оценку взаимосвязей химических элементов по критерию Пирсона (парный коэффициент корреляции) в исследуемом районе, выделены некоторые ассоциации групп, представленных на рисунке 14.

Анализируя полученные граф ассоциации (рисунок 14,1) выделяются группы элементов с положительными сильными связями: Cr-Mg-Zn-Cu-Fe-Mn-Co. Данные микроэлементы относятся к группе литофильных (Cr, Mg) сидерофильных (Fe, Co, Mn) и халькофильных (Cu, Zn) элементов.

Выделяется группа элементов (рисунок 14,2) где наблюдается халькофильная ассоциация элементов As-Sb. Так же рассматриваемая группа элементов Ca-W-As-Sb отображает техногенное воздействие Комсомольского хвостохранилища на окружающую среду.

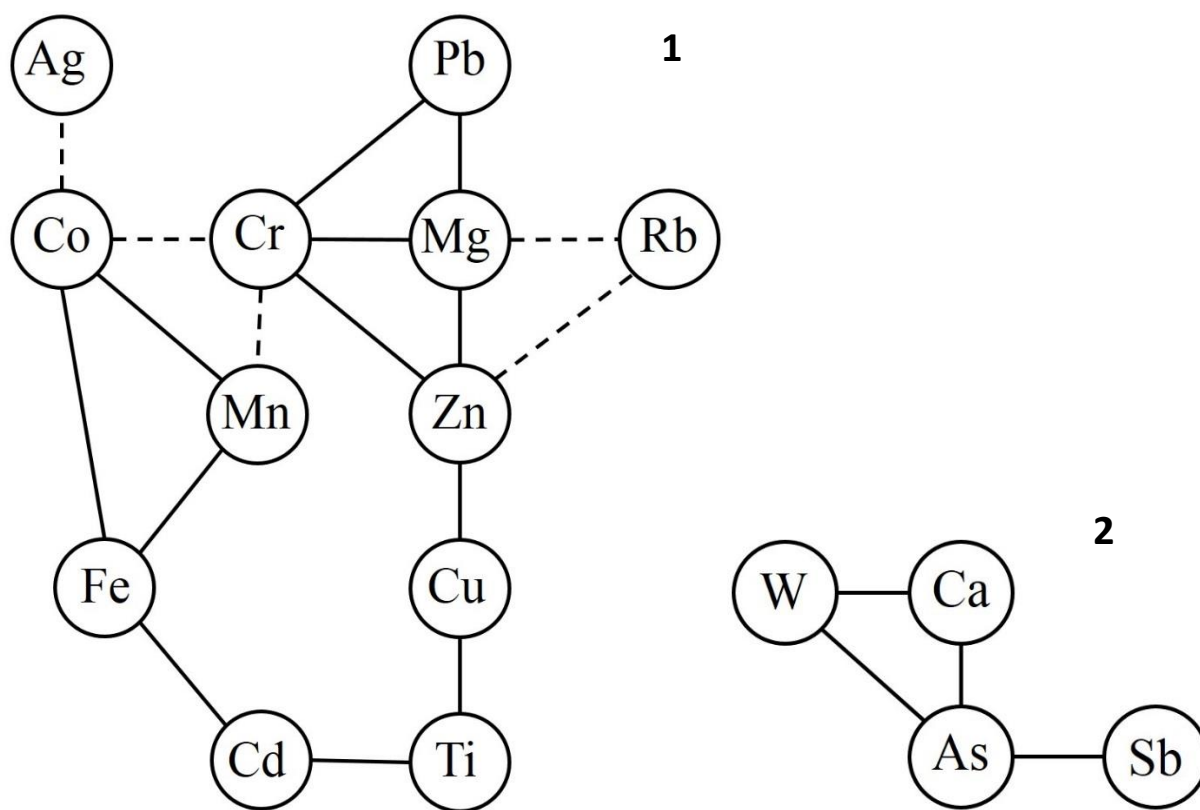


Рисунок 14 - Граф ассоциации химических элементов в листьях березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища

Примечание: сплошная линия – положительная связь; пунктирная линия – отрицательная связь

Кластерный анализ. Задача кластерного анализа заключается в объединении множества микроэлементов в группы по наивысшим значениям коэффициентов ранговой корреляции в виде дендрограммы. По оси абсцисс располагаются элементы, по оси ординат значение 1-г, соответствующее каждому уровню группирования [53]. Красной линией отмечен критический уровень. Наиболее сильные значимые корреляционные связи на дендрограмме установлены для 3 ассоциации элементов: сидерофильные Fe-Co-Mn, халькофильные Zn-Cr, литофильные W-Sa (рисунок 15).

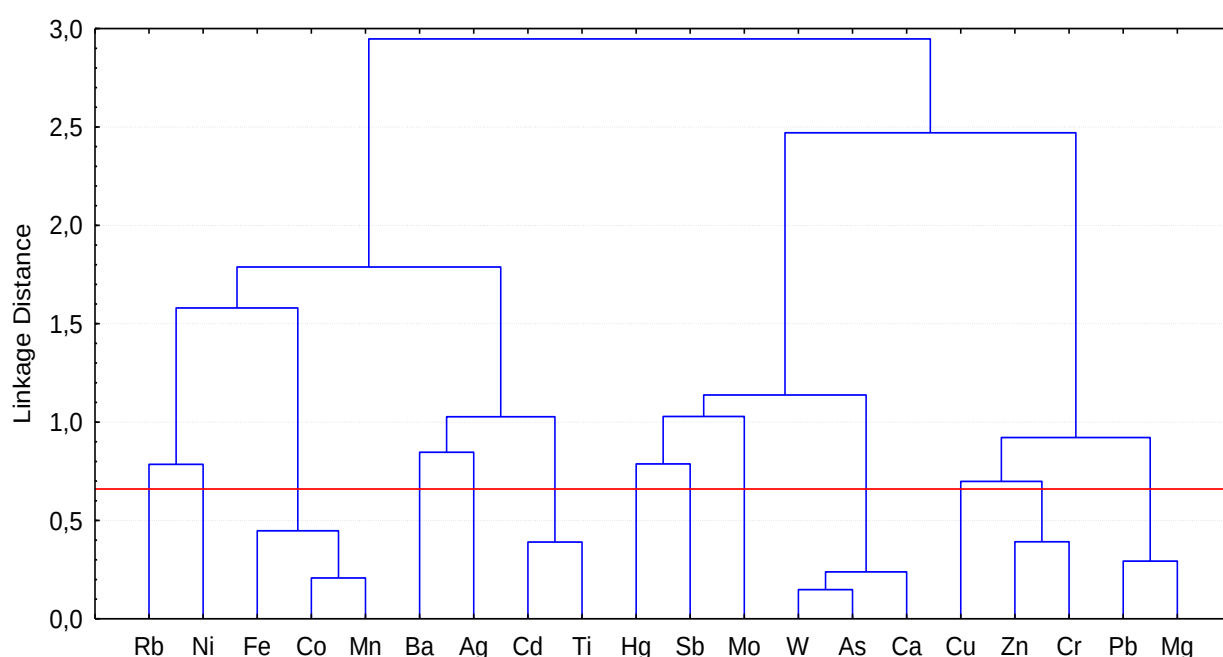


Рисунок 15 – Дендрограмма геохимического спектра химических элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) территории Комсомольского хвостохранилища ($1-r_{0,05}=0,66$).

Факторный анализ. Факторный анализ методом главных компонент позволяет определить более четко влияние различных факторов на структуру взаимосвязей между элементами [53]. С этой целью построена матрица факторных нагрузок с вращением. Результаты факторного анализа дисперсий геохимического спектра химических элементов в листьях березы повислой на территории Комсомольского хвостохранилища представлены на рисунке 16 и таблице 8 .

Анализируя рисунок 16 видим, что элементы группируются по классификации Гольдшмидта. Выделяются группа литофильных (Ca,W), халькофильных (Hg, As; Cu, Ag, Pb) и сидерофильных (Fe, Mn, Co) элементов.

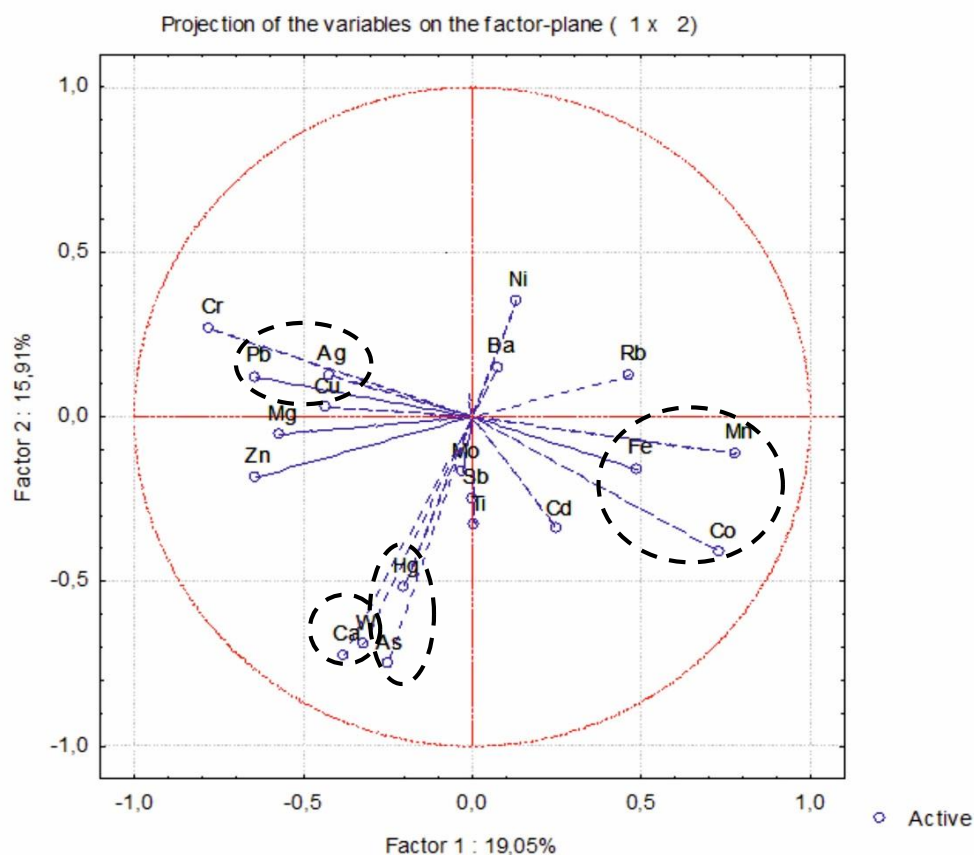


Рисунок 16 – Круговая диаграмма факторных нагрузок распределения химических элементов (нагрузки 1-го и 2-ого факторов)

Таблица 8 – Факторные нагрузки с вращением

Элементы	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 4
1	2	3	4
Mg	0,02	0,04	0,06
Ca	0,13	0,88	0,06
Ti	0,78	0,08	-0,32
Cr	0,07	-0,14	0,58
Mn	0,05	-0,26	-0,9
Fe	-0,28	0,22	-0,62
Co	-0,27	0,06	-0,81
Ni	0,37	-0,24	0,09
Cu	0,79	0,03	0,29

Продолжение таблицы 8

Zn	0,41	0,05	0,11
As	0,04	0,96	-0,01
Rb	0,04	-0,14	0,02
Mo	-0,19	0,20	0,26
Ag	0,49	-0,01	0,22
Cd	0,47	0,01	-0,76
Sb	0,35	0,55	-0,12
Ba	-0,06	0,07	-0,42
W	-0,18	0,83	0,07
Hg	-0,03	0,38	0,16
Pb	-0,02	0,18	0,15

Из таблицы 8 и рисунка 16 видно, что первый фактор оказывает наибольшее влияние на вклад в общую дисперсию тяжелых металлов: Cr, Co, Mn (19,05 %). Значимые нагрузки по второму фактору наблюдаются у Ca, W и As (15,9 %). Коэффициенты факторных нагрузок характеризуются положительным знаком. Наибольшее влияние первого фактора на общую дисперсию перечисленных элементов, по-видимому, связано с влиянием природного источника поступления элементов и отражает особенности геохимического состава горных пород изучаемой территории. Другая группа элементов – Ca, W, As отображает техногенное воздействие хвостохранилища на окружающую среду.

Из приведенных выше расчетов следует, что основной вклад в суммарный показатель загрязнения вносят два элемента – рубидий и марганец.

Приведенные выше данные позволяют сделать вывод, что в листьях березы, отобранных на территории Комсомольского хвостохранилища, избирательно накапливаются определенные химические элементы, уровни концентрации которых относительно фона могут быть использованы как индикаторы экологического состояния территорий складирования отходов горнодобывающих и обоганительных предприятий. Так же стоит отметить, что на территории хвостохранилища в листьях березы происходит интенсивное накопление токсичных элементов, которые концентрируются,

как правило, на территории усыхающего техногенного озера и бывшего золотоизвлекательного завода. Обработка имеющейся информации, по тяжелым металлам и мышьяку в программе STATISTICA позволила сделать вывод, что на территории Комсомольского хвостохранилища в распределении химических элементов имеется, как природный, так и антропогенный источник воздействия на изучаемую территорию.

5 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Для решения многих прикладных задач в геохимических исследованиях нередко используются радиоактивные (U, Th) и редкоземельные элементы (REE). Изучение их распределения в природных и техногенных средах дает возможность выявить различные классификационные признаки, установить закономерности, оценить источники поступления вещества и степень его дифференциации [109, 88].

Редкоземельные элементы являются специфической группой, имеющей ярко выраженные геохимические особенности. Наряду с общностью свойств, для этих элементов отмечается и определенные отличия, соответствующие их атомному номеру. Имеются многочисленные примеры, иллюстрирующие высокую генетическую информативность распределения редкоземельных элементов. Например, отношения REE в растительных и почвенных объектах могут отражать геохимический состав подстилающих горных пород на условно фоновых территориях, а также позволяют выявить нарушения природного баланса этих элементов в техногенных ландшафтах [67, 92, 97].

В таблице 9 представлены содержания редкоземельных и радиоактивных элементов в сухом веществе листьев березы на территории Комсомольского хвостохранилища.

Таблица 9 – Статистические параметры распределения редкоземельных и радиоактивных элементов в сухом веществе листвы березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища (20 проб), мг/кг

Элемент	Среднее арифметическое $\pm$ Стандартная ошибка (пределы)	Стандартное отклонение	Медиана	Коэффициент вариации, %	Фон (пос. Макарацкий)
1	2	3	4	5	6
La	0,051 $\pm$ 0,004 (0,022-0,084)	0,018	0,048	36	0,04

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6
Ce	0,107±0,028 (0,021-0,61)	0,125	0,075	117	0,08
Pr	0,01±0,0009 (0,004-0,02)	0,004	0,01	39	0,01
Nd	0,038±0,003 (0,015-0,064)	0,014	0,04	37	0,03
Sm	0,0072±0,0007 (0,003-0,016)	0,0034	0,0069	47	0,01
Eu	0,003±0,0007 (0,00003-0,01)	0,0025	0,003	83	0,003
Gd	0,0085±0,0007 (0,004-0,016)	0,003	0,008	37	0,007
Tb	0,0012±0,00009 (0,001-0,002)	0,0004	0,001	34	0,001
Dy	0,0059±0,0006 (0,002-0,01)	0,0025	0,008	43	0,005
Ho	0,0019±0,0005 (0,0004-0,01)	0,002	0,0014	108	0,001
Er	0,021±0,013 (0,00003-0,24)	0,057	0,0038	264	0,009
Tm	0,00051±0,00008 (0,00003-0,001)	0,0004	0,0004	71	0,001
Yb	0,002±0,0003 (0,0002-0,004)	0,001	0,0022	55	0,002
Lu	0,00046±0,00007 (0,00003-0,001)	0,0003	0,0005	66	0,001
Th	0,0066±0,0008 (0,002-0,015)	0,0036	0,0056	55	0,008
U	0,003±0,0002 (0,001-0,005)	0,001	0,0032	34	0,005

Коэффициенты вариации для редкоземельных и радиоактивных элементов распределились следующим образом: однородные выборки (< 50%) установлены для La, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, U; недифференцированные (50-70%) – Tm, Yb, Lu, Th; сильно неоднородные (70-100%) – Eu; крайне неоднородные (>100%) – Ce, Ho, Er.

Анализ таблицы 9 позволяет сделать вывод, что по незначительному разбросу и соответствию среднего медианному значению можно судить о

нормальном распределении Pr, Sm, Lu U, а также близком к нормальному для Gd, Tb, Lu, Ho Er, Th.

Форма распределения и числовые характеристики содержания редкоземельных и радиоактивных элементов, имеющих нормальное и близко к нормальному распределение, представлены на рисунке 17. Для проверки гипотезы использовались тесты Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Хи-квадрат Пирсона [53].

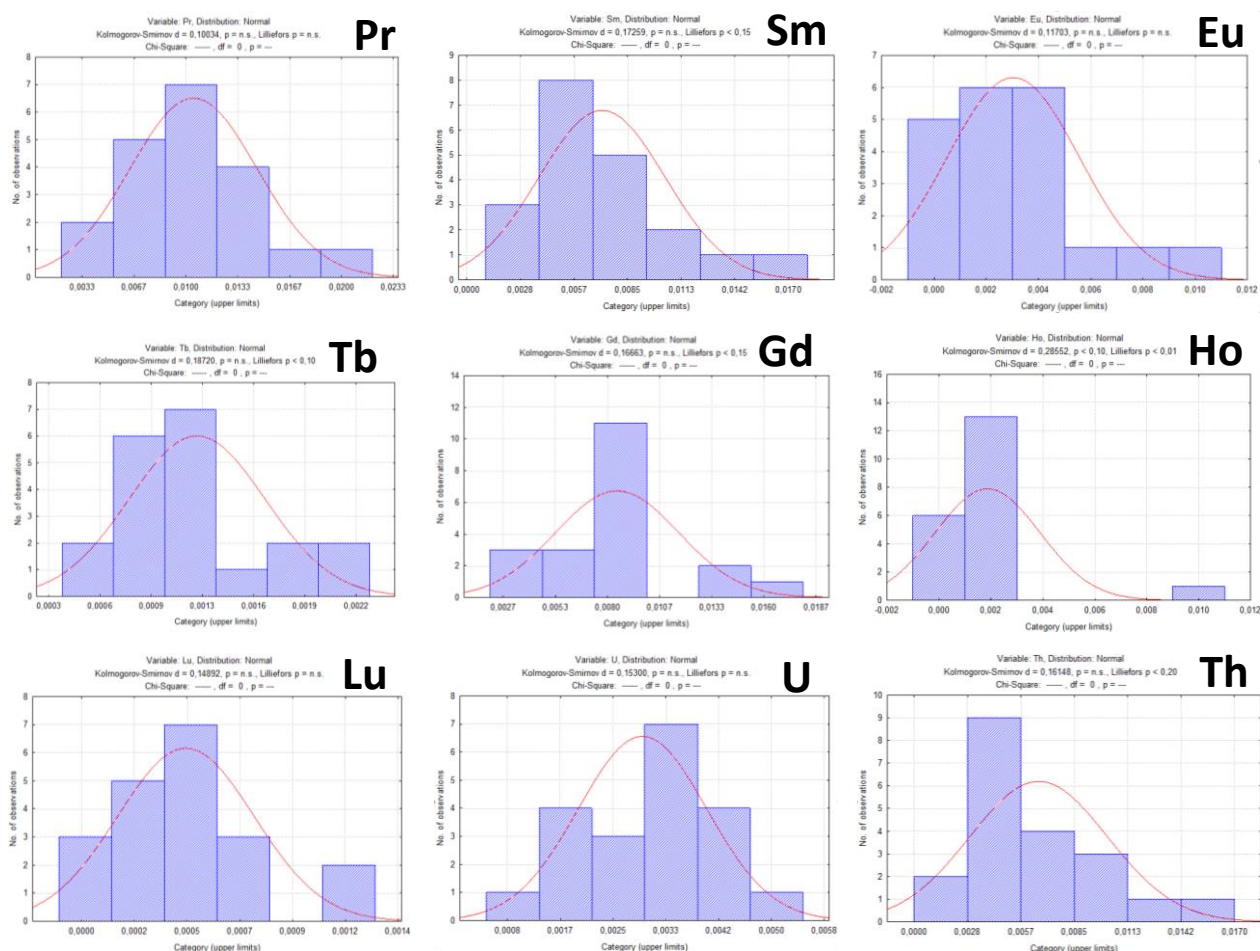


Рисунок 17 – Гистограммы распределения редкоземельных и радиоактивных элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища

Для наглядного представления содержания REE, U и Th на территории Комсомольского хвостохранилища построен график (рисунок 18)

сопоставления с фоновыми показаниями, стандартным образцом состава листа березы и литературными данными.

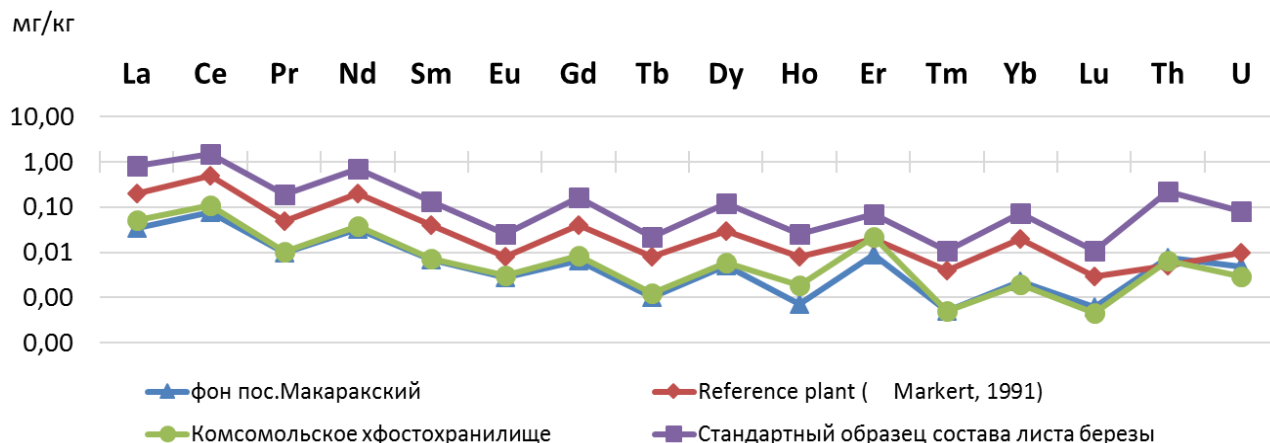


Рисунок 18 - Распределение средних концентраций химических элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища в сравнении с фоном, стандартным образцом состава листа березы (ЛБ-1 (ГСО 8923-2007; СО КООМЕТ 0067-2008-КГ)) и литературными данными по сухому веществу (Markert 1991).

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что на территории Комсомольского хвостохранилища концентрация редкоземельных и радиоактивных элементов на порядок ниже относительно стандартного образца и литературным данным. При сопоставлении значений содержаний, полученных на территории хвостохранилища с результатами на фоновой территории, выделяются превышающие фон, элементы: La, Ce, Nd, Gd, Ho, Er. Так же стоит отметить, что распределение данных элементов строго подчиняется общим законам геохимии: закону Кларка – Вернадского о всеобщем рассеянии химических элементов и правилу Оддо – Гаркинса о преобладании четных элементов по сравнению с нечетными.

Содержание редкоземельных элементов в сухом веществе листвы березы вокруг Комсомольского хвостохранилища нормировались относительно хондрита – рисунок 19. Распределение редкоземельных элементов имеет сглаженный пилообразный характер, слабо выражен

дефицит средних (MREE – Sm) при существенном избытке тяжелых (HREE – Ho, Er) редких земель. В сравнении с реферативными данными, содержание редкоземельных элементов (кроме Er) в листьях березы ниже в 3-10 раз.

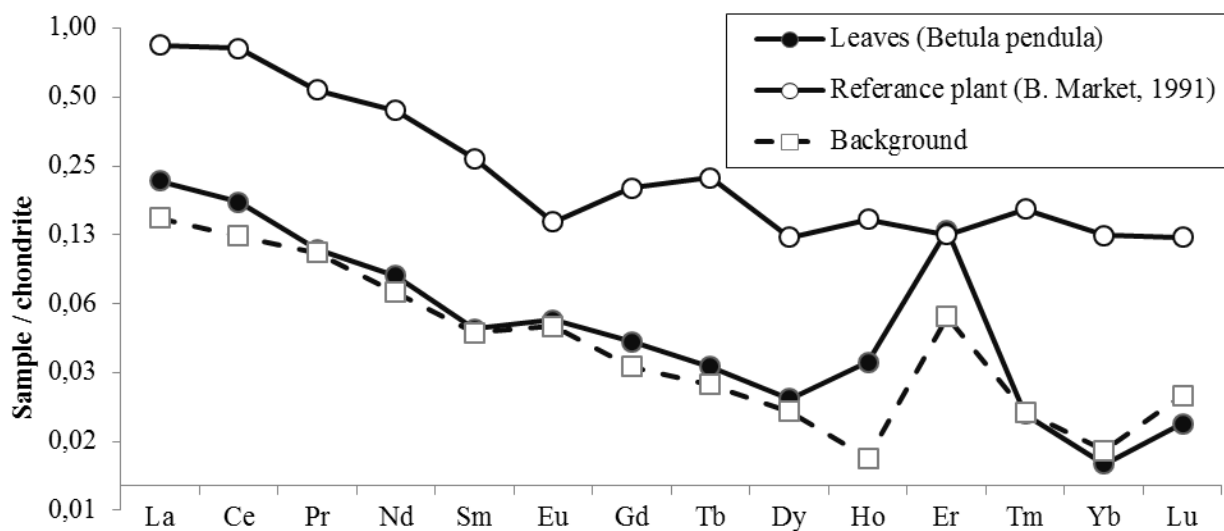


Рисунок 19 – Редкоземельные элементы в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) относительно хондрита по сравнению с литературными данными по сухому веществу [109] и условным фоном (пос. Макаракский).

Лантан (La) Содержание лантана в сухом веществе листьев березы произрастающей на территории Комсомольского хвостохранилища варьируется от 0,022 мг/кг до 0,084 мг/кг, среднее по хвостохранилищу - 0,051 мг/кг. Максимальное содержание прослеживается по всему исследуемому объекту, где располагаются пески усыхающего техногенного озера, так же локальный участок повышенного содержания лантана располагается в юго – западной части хвостохранилища (рисунок 20,1). В стандартном образце состава листа березы концентрация лантана 0,82 мг/кг, что в 16 раз выше полученных значений. Фоновые значения - 0,04 мг/кг, что в 1,3 раза меньше среднего по изучаемой территории и более чем в 2 меньше максимальных значений.

Церий (Ce) Содержание церия располагается в пределах от 0,021 мг/кг до 0,61 мг/кг, среднее содержание составляет 0,1 мг/кг. Распределение церия по территории равномерное, однако имеется участок с аномально высокими значениями, выделяется точка пробоотбора Км-4/1, содержание церия в ней составляет 0,61 мг/кг (рисунок 20,2). При сопоставлении полученных значений с фоновыми показателями (0,08 мг/кг) наблюдается незначительное превышение. Однако, в точке с аномально высокими значениями содержание церия превышает фон более, чем в семь раз. Относительно данных по стандартному образцу (1,5 мг/кг) концентрация церия на исследуемой территории не превышена.

Неодим (Nd) По территории хвостохранилища неодим распространен крайне неравномерно. Высокие содержания прослеживаются на территории усыхающего техногенного озера и по внешней границе исследуемого объекта (рисунок 20,3). В общем хвостохранилище характеризуется средним содержанием неодима 0,038 мг/кг. Содержание варьируется в пределах от 0,015 мг/кг до 0,064 мг/кг. Согласно табличным данным стандартный образец состава листа березы имеет следующие значения - 0,69 мг/кг, что превышает средние значения более чем в 18 раз. Однако сравнивая хвостохранилище с фоном (0,003 мг/кг), концентрация на хвостохранилище в 12,6 раз больше фоновых значений.

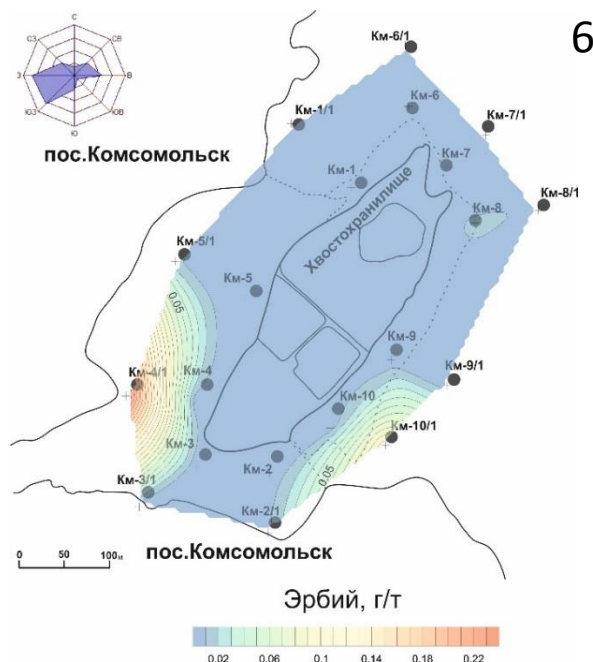
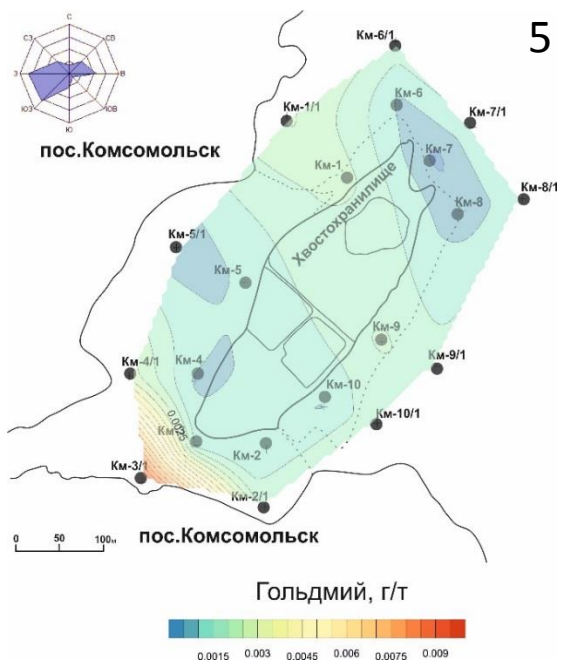
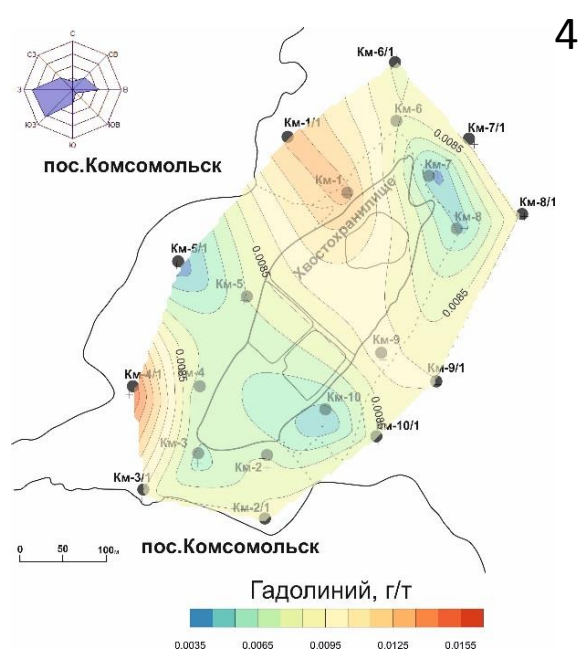
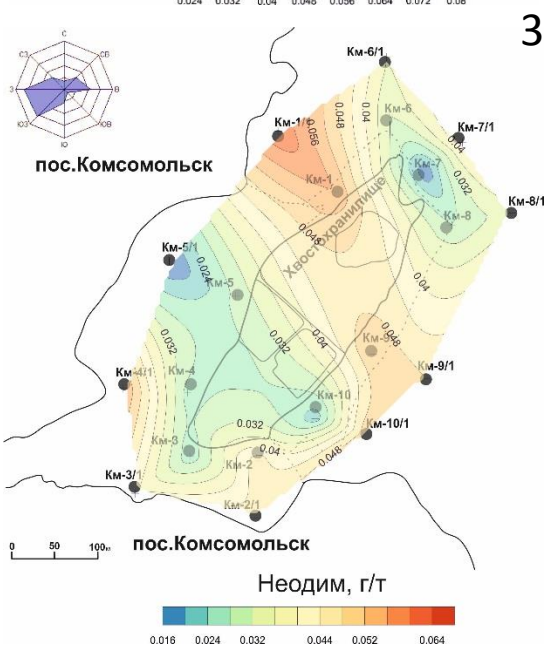
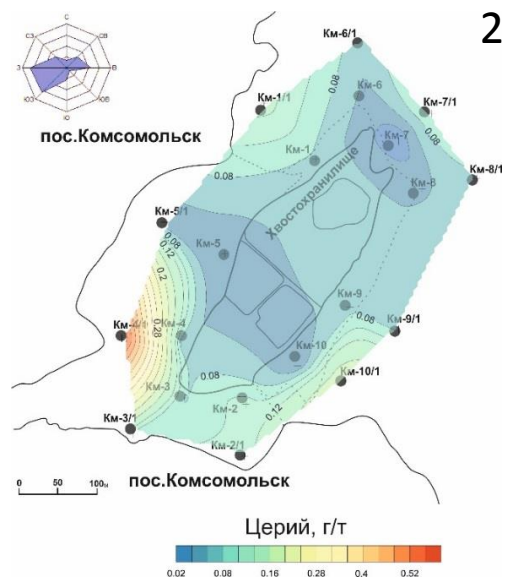
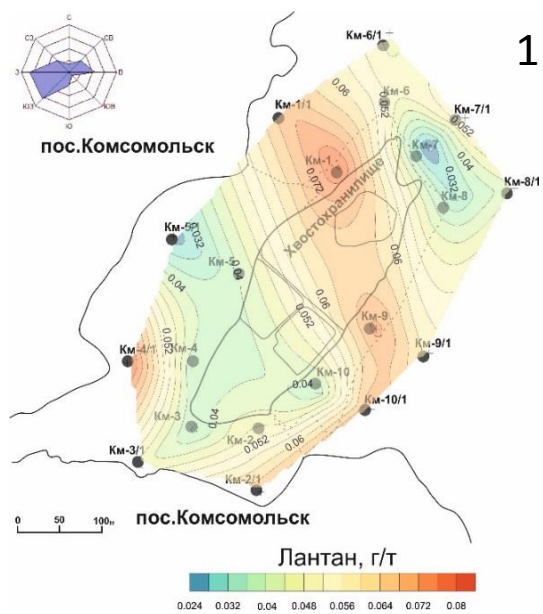
Гадолиний (Gd) Минимальное, максимальное и среднее содержание на исследуемой территории составляет 0,004 мг/кг, 0,016 мг/кг и 0,0085 мг/кг соответственно. Ореол распределения гадолиния (рисунок 20,4) соответствует распределению лантана и неодима. Гадолиний относительно реферативных данных и стандартного образца листа березы имеет низкие концентрации. Фоновые значения составляют 0,007 мг/кг, что на 0,0015 мг/кг ниже, чем на территории хвостохранилища.

Гольмий (Ho) Содержание варьируется от 0,0004-0,01 мг/кг, при средней концентрации 0,0019 мг/кг. Относительно фона (0,001) среднее значение превышено почти в 2 раза. Распределение гольмия на территории

вокруг хвостохранилища можно охарактеризовать как равномерное, с участком повышенной концентрации в точке пробоотбора Км - 3/1 (рисунок 20,5).

Эрбий (Er) Распределение эрбия наиболее равномерное из всех изученных REE (рисунок 20,6). На территории вокруг хвостохранилища концентрации эрбия находятся в диапазоне от 0,0003 мг/кг до 0,02 мг/кг, при максимальных значениях 0,24 мг/кг. Максимальные концентрации отмечаются на юго-западной и юго-восточной границе предприятия (точки пробоотбора Км-4/1 и Км - 10/1). Относительно фона (0,009 мг/кг) концентрация эрбия на территории хвостохранилища превышена в полтора раза. Литературные данные сопоставимы со средним содержанием эрбия вокруг хвостохранилища.

Уран(U) и Торий (Th) Среднее содержание тория и урана в сухом веществе листьев березы составляет на исследуемой территории 0,0066 мг/кг и 0,003 мг/кг соответственно. Концентрация тория варьируется в пределах от 0,002 мг/кг до 0,015 мг/кг, содержание урана изменяется от 0,001 мг/кг до 0,005 мг/кг. Ореолы распределения урана (рисунок 20,7) и тория (рисунок 20,8) на территории вокруг хвостохранилища сопоставимы между собой. Высокие концентрации радиоактивных элементов распределились по всей внешней границе предприятия. Однако, в отличие от тория высокие концентрации урана наблюдаются так же на территории бывшего золотоизвлекательного завода, и в местах расположения хвостов, образовавшихся в последние годы функционирования предприятия.



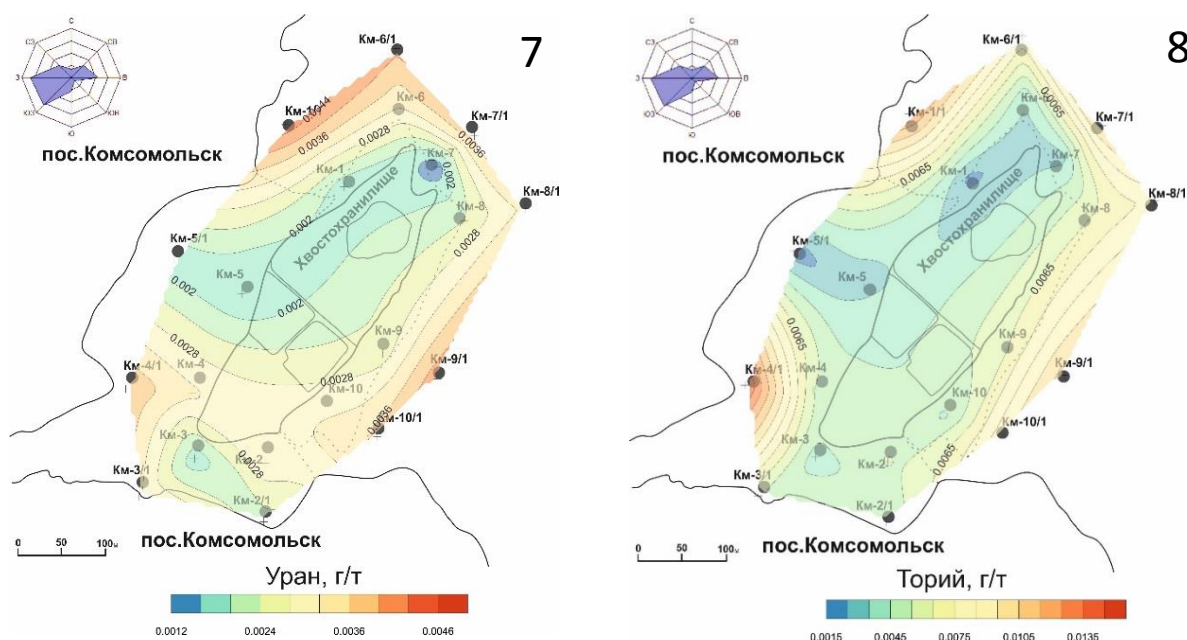


Рисунок 20 – Распределение концентраций редкоземельных и радиоактивных элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) по территории Комсомольского хвостохранилища: 1-лантан, 2-церий, 3-неодим, 4-гадолиний, 5-гольдмий, 6-эрбий, 7-уран, 8-торий.

Коэффициент концентрации

В процессе исследования редкоземельных и радиоактивных элементов на территории хвостохранилища использовался такой геохимический показатель, как коэффициент концентрации (K_c). Принцип расчета коэффициента концентрации описан в главе 4.

В таблице 10 представлены коэффициенты концентраций относительно фонового участка (пос. Макараковский).

Таблица 10 – Коэффициенты концентрации редкоземельных и радиоактивных элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) Комсомольского хвостохранилища.

Коэффициент концентрации относительно фона																
№ пробы	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	U
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
КМ-1	2,3	1,0	1,5	1,8	1,5	1,0	2,0	1,8	1,9	3,1	0,6	0,7	1,5	0,0	0,3	0,3
КМ-1/1	2,0	1,7	2,1	2,0	2,3	0,1	2,0	2,0	1,7	3,6	0,4	1,2	1,6	0,7	1,7	1,0

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Км-2	1,5	1,4	1,1	1,5	0,9	1,6	1,2	1,2	1,2	1,8	0,4	1,4	1,0	0,9	0,7	0,6
Км-2/1	1,9	1,4	1,4	1,5	1,3	1,3	1,4	1,3	1,6	2,4	0,9	1,3	1,0	0,5	0,6	0,4
Км-3	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,2	0,9	0,8	1,1	1,7	0,1	1,1	1,0	0,8	0,5	0,3
Км-3/1	1,3	1,2	1,1	1,3	0,9	1,1	1,4	1,0	1,0	13,9	0,3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Км-4	1,0	0,9	0,7	0,8	0,7	0,2	1,0	0,9	0,8	1,3	0,4	0,6	0,6	0,4	0,7	0,7
Км-4/1	2,4	8,0	1,6	1,8	1,4	2,6	2,4	1,0	1,8	3,9	27,3	2,1	1,5	1,8	1,9	0,8
Км-5	1,1	0,6	0,8	0,9	0,5	1,9	1,1	1,2	0,7	1,5	0,1	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3
Км-5/1	0,7	0,6	0,4	0,5	0,6	0,9	0,5	0,6	0,5	0,8	1,3	0,0	0,2	0,1	0,2	0,3
Км-6	1,4	0,7	0,9	1,0	1,1	1,4	1,3	1,0	1,1	1,3	0,0	0,3	0,4	0,8	0,5	0,7
Км-6/1	1,3	0,9	1,0	1,1	1,1	3,6	1,2	1,1	1,0	2,5	0,0	0,2	0,7	0,5	1,1	0,8
Км-7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,4	1,8	0,6	0,7	0,4	0,5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,3
Км-7/1	1,6	1,4	1,2	1,3	0,8	0,8	1,5	1,0	1,2	1,9	1,0	1,7	1,0	0,8	1,4	0,8
Км-8	0,9	0,7	0,6	0,9	0,5	0,5	0,8	1,3	0,6	0,8	1,3	0,3	0,5	0,8	0,8	0,5
Км-8/1	1,2	1,0	1,0	1,1	0,9	1,5	1,5	1,1	0,9	1,9	1,1	1,4	1,0	1,2	1,0	0,7
Км-9	2,1	1,0	1,3	1,6	1,1	0,7	1,5	1,6	1,5	2,9	0,4	1,8	1,3	1,8	0,8	0,5
Км-9/1	1,7	1,0	1,1	1,5	1,1	0,0	1,5	2,1	1,7	2,2	0,4	2,5	1,6	1,2	1,4	0,9
Км-10	1,1	0,5	0,6	0,7	0,9	0,5	0,7	1,2	0,4	1,3	0,4	0,7	0,3	0,3	0,6	0,7
Км-10/1	2,1	2,8	1,4	1,6	1,9	0,2	1,3	1,8	1,5	2,6	12,5	1,4	1,1	1,2	1,2	0,8
Среднее	1,5	1,4	1,1	1,2	1,0	1,1	1,3	1,2	1,1	2,6	2,4	1,0	0,9	0,8	0,9	0,6

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения $K_c > 1,5$.

По результатам анализа коэффициентов концентраций (таблица 10) из редкоземельных элементов выделились такие элементы, как La, Ho, Er со значениями $< 1,5$, что говорит о преобладании этих элементов на территории хвостохранилища по сравнению с фоном.

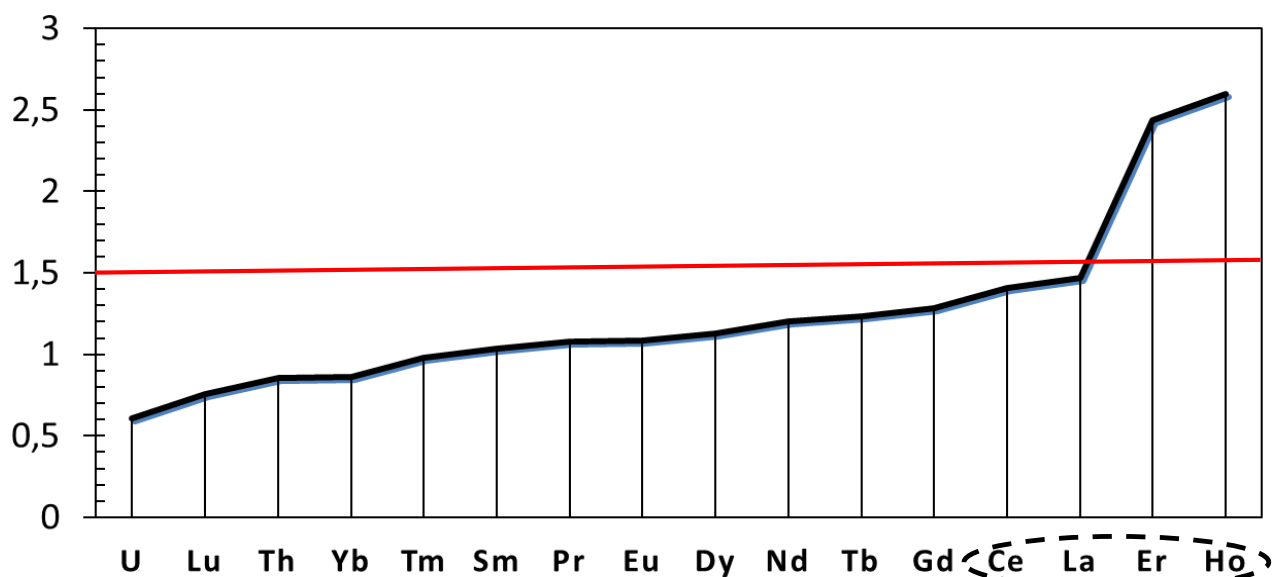


Рисунок 21 – Коэффициенты концентрации микроэлементов в сухом

веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории

Комсомольского хвостохранилища. Примечание: красной линией отмечен $K_c = 1,5$

Геохимический ряд по убыванию коэффициентов концентрации имеет следующий вид: $\text{Ho}_{2,6} > \text{Er}_{2,4} > \text{La}_{1,5} > \text{Ce}_{1,4}$ – рисунок 21.

График (рисунок 20), показывает, что в листьях березы повислой на территории Комсомольского хвостохранилища из редкоземельных элементов наиболее интенсивно накапливаются гольдмий, эрбий, лантан и церий.

Индикаторные отношения. Для рассмотрения геохимических особенностей распределения радиоактивных и редкоземельных элементов на территории Комсомольского хвостохранилища по данным опробования листьев березы построены диаграммы индикаторных отношений содержания Th/U и La/Yb (рисунок 22).

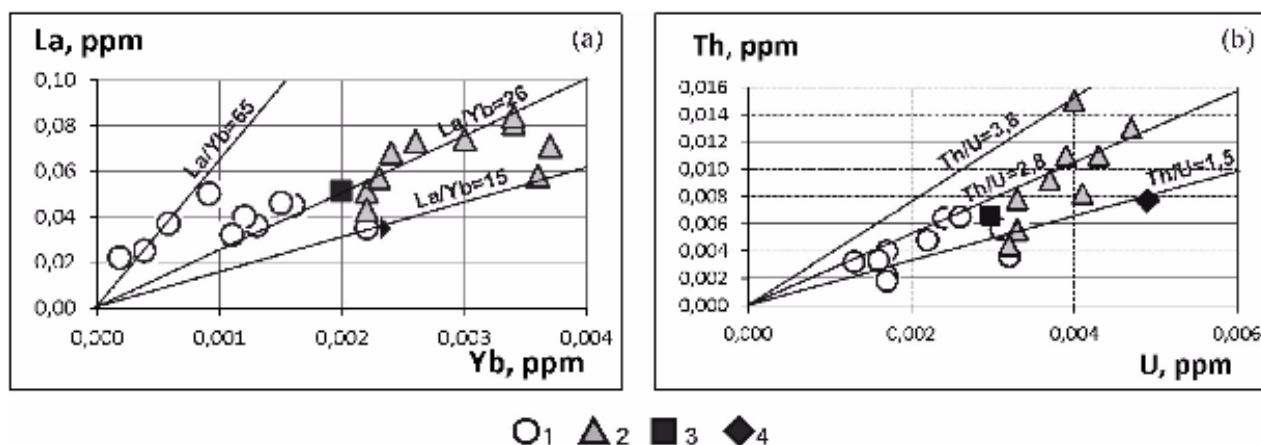


Рисунок 22 - Отношение содержания La/Yb (a) и Th/U (b) в сухом веществе листьев березы повилой (*Betula pendula*). Условные обозначения: 1 – пробы, отобранные на границе хвостохранилища; 2 – пробы, отобранные на расстоянии 150-200 м от границы хвостохранилища; 3 – среднее содержание; 4 – фоновая проба.

Анализируя Th/U отношение (рисунок 22, b) Установлено, что в пробах листьев березы, отобранных на границе хвостохранилища, Th/U отношение имеет более низкие значения (1,1 – 2,1), чем в пробах, отобранных на расстоянии 150-200 м от внешней границы хвостохранилища (2,3 – 3,7). Th/U отношение для среднего содержания данных элементов в выборке составляет 2,2, а для фоновой пробы – 1,5. Низкие значения Th/U отношения указывают

на то, что на территории хвостохранилища нарушен природный баланс радиоактивных элементов в сторону повышенных содержаний урана, обусловленных техногенной трансформацией природной среды. Высокие значения Th/U , вероятно, отражают природный фактор среды – влияние интрузивных гранитоидных комплексов пород, развитых на данной территории, на содержание урана и тория в растительности. Данные величины показателя Th/U сопоставимы со значениями, полученными другими исследователями для почв (4,0), золы травянистой растительности (3,1) и золы листьев березы (2,7) на фоновых территориях юга Западно-Сибирского региона [67,57].

Аналогичная закономерность наблюдается и при рассмотрении распределения La и Yb в пробах листьев березы (рисунок 22, а). Первая группа проб, которая отобрана в импактной зоне на границе хвостохранилища, по сравнению со второй группой проб, отобранной в буферной зоне на удалении от хвостохранилища, характеризуется более низкими содержаниями лантана и иттербия, но относительно более высокими значениями La/Yb отношения (от 16 до 122, среднее – 42).

Особенности пространственной структуры геохимических полей вокруг Комсомольского хвостохранилища по данным индикаторных отношений La/Sm , La/Er , La/Yb и Th/U показана на рисунке 23. Ореолы с изолиниями 9 – 12 La/Sm отношения покрывают большую часть территории вокруг хвостохранилища, максимальное отношение – 12,5 наблюдается в центральной его части (рисунок 23,1). Ореолы с максимальными значениями 60 – 85 La/Er отношения занимают северо-западную и западную части хвостохранилища (рисунок 23,2). В северной части хвостохранилища выявлен ореол с максимальным значением La/Yb отношения – 122 (рисунок 23,3). Во время работы завода вблизи этой точки существовал гидроотвал, а сейчас расположено усыхающее озеро (рисунок 3, а). В южной части хвостохранилища установлен ореол с минимальным La/Yb отношением – 16. Здесь сформировалась зона, окисленная сульфидсодержащих отходов с

выносом серы, образованием оксидов и гидроксидов железа (рисунок 3, б). Ореолы с минимальным Th/U отношением выявлены в котловине в импактной зоне, где расположено ложе хвостохранилища, а с максимальным – в буферной зоне, на водоразделах с природным ландшафтом (рисунок 23,4).

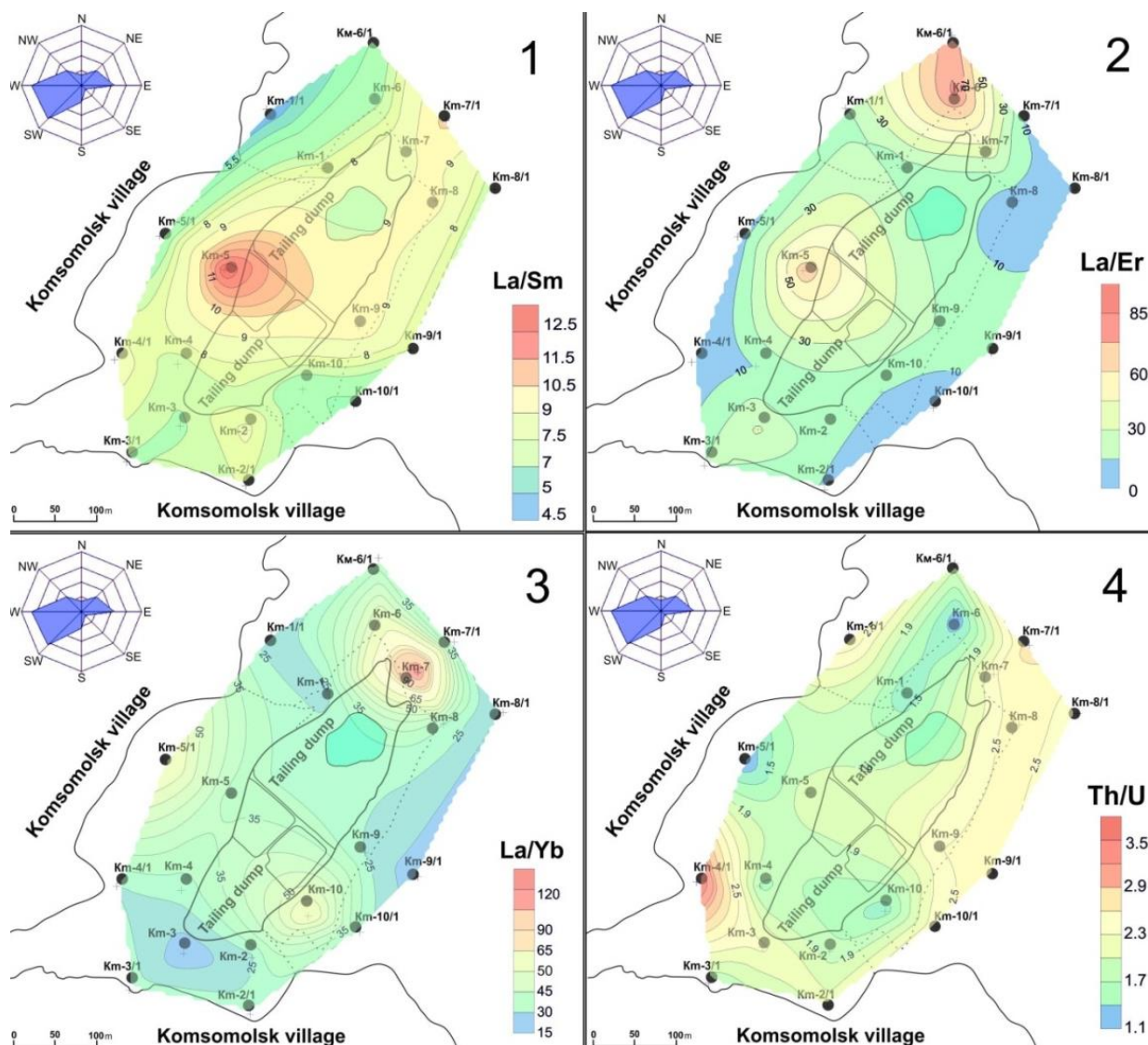


Рисунок 23 – Распределение отношений La/Sm (1), La/Er (2), La/Yb (3), Th/U (4) в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) по территории Комсомольского хвостохранилища.

Корреляционный анализ. Ранговый коэффициент корреляции Пирсона представлен в таблице 11.

Критическое значение коэффициентов корреляции составило $r_{0,05} = 0,44$ при $n=20$. Положительные связи имеют такие элементы как: La-Ce-Pr-Nd-Sm-Gd-Tb-Dy-Er-Tm-Yb-Lu-Th-U.

Таблица 11 - Корреляционная матрица ассоциаций микроэлементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) для редкоземельных и радиоактивных элементов (парная корреляция Пирсона)

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Er	Tm	Yb	Lu	Th
La	1,00												
Ce	0,58	1,00											
Pr	0,91	0,52	1,00										
Nd	0,94	0,50	0,96	1,00									
Sm	0,81	0,42	0,88	0,83	1,00								
Gd	0,87	0,66	0,88	0,88	0,70	1,00							
Tb	0,65	0,01	0,64	0,72	0,69	0,47	1,00						
Dy	0,93	0,50	0,90	0,92	0,78	0,85	0,67	1,00					
Er	0,50	0,96	0,38	0,38	0,35	0,52	-0,01	0,39	1,00				
Tm	0,65	0,51	0,59	0,67	0,41	0,62	0,49	0,70	0,42	1,00			
Yb	0,86	0,47	0,88	0,91	0,73	0,84	0,72	0,93	0,34	0,80	1,00		
Lu	0,52	0,59	0,44	0,53	0,30	0,52	0,28	0,49	0,55	0,77	0,57	1,00	
Th	0,54	0,66	0,63	0,64	0,55	0,66	0,38	0,53	0,58	0,70	0,64	0,67	1,00
U	0,42	0,38	0,51	0,54	0,57	0,51	0,40	0,41	0,29	0,51	0,47	0,48	0,83

В результате проведения корреляционного анализа выяснилось, что существует большое количество значимых корреляционных связей. Искусственно повысив критическое значение корреляции от 0,44 до 0,8 получили следующие пары химических элементов, представленные на рисунке 24.

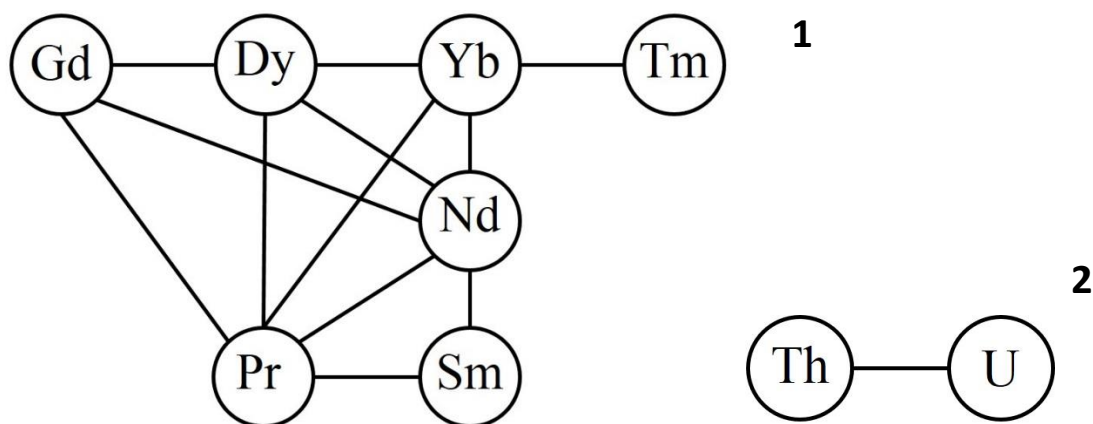


Рисунок 24 - Граф ассоциации редкоземельных и радиоактивных элементов в листьях березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища

На рисунке 24,1 можно увидеть, что наибольшей корреляцией на территории Комсомольского хвостохранилища обладают такие элементы: Nd, Pr, Dy, Gd, Sm. Данные группы элементов являются типичными ассоциациями легких (Nd, Sm, Pr) и тяжелых (Gd, Dy, Yb, Tm) групп редкоземельных элементов. Так же, согласно таблице 11 и рисунку 21,2, на территории Комсомольского хвостохранилища наблюдается взаимосвязь Th и U.

Кластерный анализ. Кластерный анализа объединяет множества элементов в группы по наивысшим значениям коэффициентов ранговой корреляции в виде дендрограммы. По оси абсцисс располагаются элементы, по оси ординат значение 1-г, соответствующее каждому уровню группирования. Красной линией отмечен критический уровень.

В результате кластерного анализа было выяснено, что в листьях березы исследуемого района выделяются следующие значимые ассоциации элементов: радиоактивные элементы (Th-U), редкоземельные элементы подразделяются на группы: легкие (Nd-Pr-La), тяжелые (Lu-Tm, Tb-Sm-Gd-Yb-Dy) (рисунок 25).

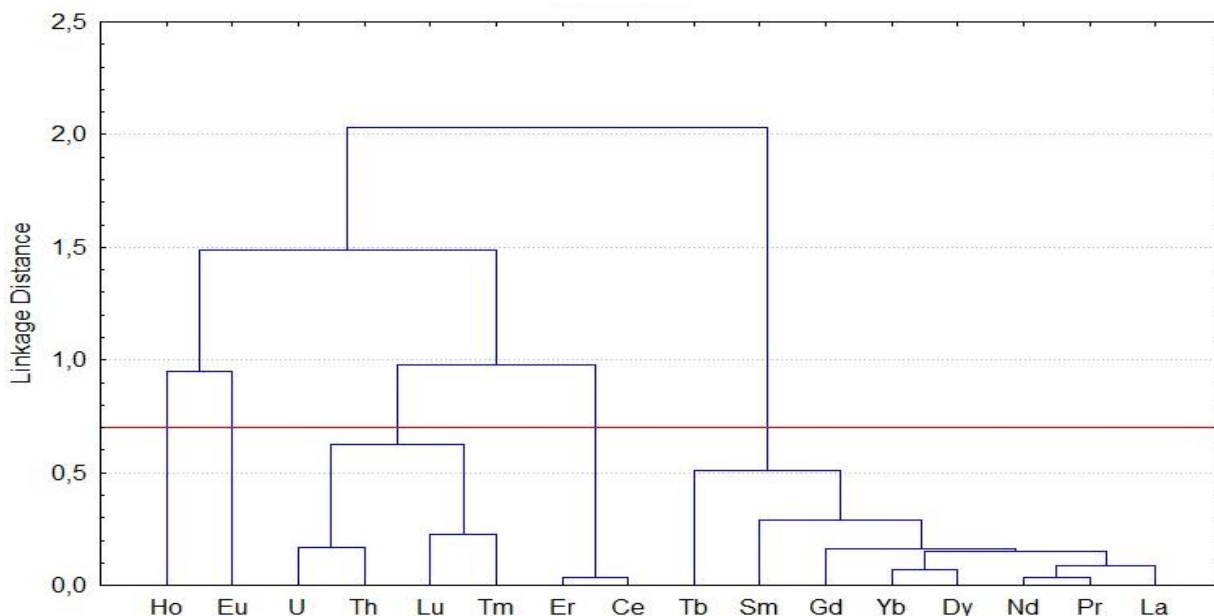


Рисунок 25 – Дендрограмма геохимического спектра редкоземельных и радиоактивных элементов в сухом веществе листьев березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища.

Факторный анализ. В программе Statistica существует набор инструментов, который позволяет проводить факторный анализ совокупностей. Данный вид анализа выявляет количество и силу факторов, которые оказывают влияние на дисперсию содержания элементов. Анализ графически и в табличном виде позволяет оценить степень влияния тех или иных факторов на выборки.

Индивидуальный вклад факторов в общую дисперсию выборок представлены на рисунке 26 и в таблице 12.

Факторные нагрузки (по оси X – для первого и по оси Y - для второго фактора) на геохимический спектр изучаемых компонентов изображаются в виде круговой диаграммы – рисунок 26.

Нагрузка на дисперсию выборки по первому фактору составляет 57,27%; по второму – 13,58%. Для большинства элементов существенная нагрузка на дисперсию выборки прослеживается по первому фактору, по второму фактору нагрузка незначительна.

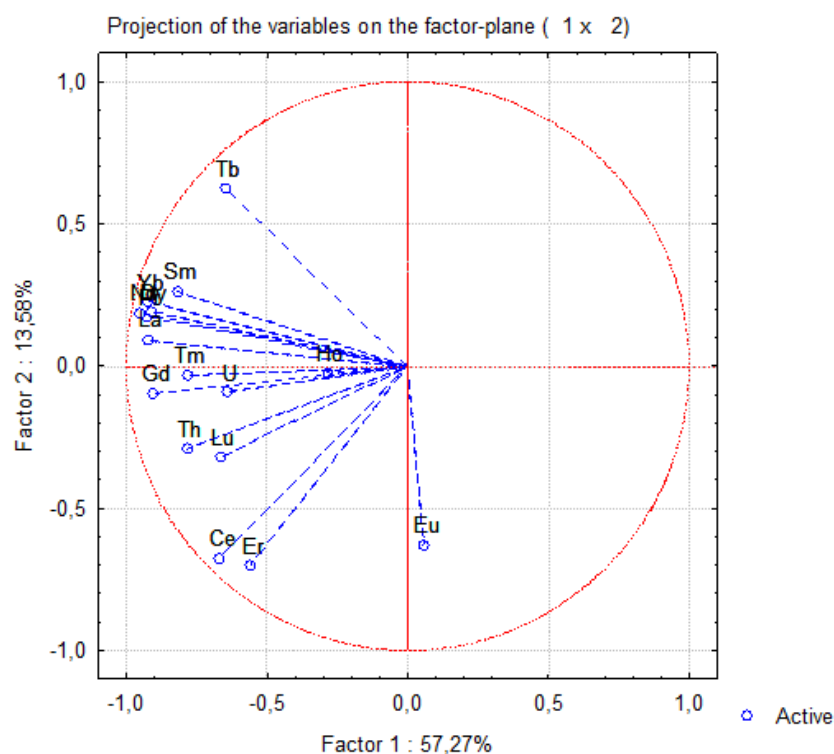


Рисунок 26 - Круговая диаграмма факторных нагрузок на распределение химических элементов (нагрузка первого и второго факторов)

Исходя из таблицы 12, первый фактор оказывает значимое влияние на дисперсию геохимического спектра в листьях березы Комсомольского хвостохранилища для: La, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Yb. Второй фактор оказывает влияние на Lu, Th, U. Третий фактор влияет на дисперсию: Ce и Er. Четвертый фактор – Ho.

Таблица 12 – Матрица факторных нагрузок с вращением

Элемент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
1	2	3	4	5
La	0,92	0,18	0,26	0,01
Ce	0,34	0,38	0,82	0,00
Pr	0,92	0,22	0,15	-0,19
Nd	0,92	0,28	0,12	-0,15
Sm	0,84	0,21	0,01	-0,19
Eu	-0,14	-0,28	0,69	-0,30
Gd	0,80	0,25	0,39	-0,18
Tb	0,77	0,24	-0,41	0,08
Dy	0,93	0,20	0,15	0,03
Ho	0,21	0,08	0,04	-0,81
Er	0,24	0,35	0,81	0,09
Tm	0,53	0,69	0,12	0,24
Yb	0,88	0,37	0,05	0,07
Lu	0,30	0,73	0,33	0,15
Th	0,38	0,79	0,29	-0,15
U	0,29	0,76	0,02	-0,40

Изложенный выше материал позволяет сделать вывод, что общий характер распределения редкоземельных и радиоактивных элементов на территории Комсомольского хвостохранилища по данным опробования листьев березы подчиняется универсальным геохимическим законам.

Установлена закономерность в распределении лантана и иттербия, а также урана и тория в пробах листьев березы в зависимости от удаленности хвостохранилища. На границе хвостохранилища в импактной зоне отмечены более низкие содержания La, Yb, U и Th, а также низкие значения Th/U отношения. Ореол с минимальными значениями La/Yb отношения картирует зону окисления сульфидных отходов. По мере удаления от границы

хвостохранилища в буферной зоне содержания La, Yb, U, Th и значения Th/U отношения в пробах растительности возрастают.

Ореолы с максимальными значениями La/Sm и La/Er отношений покрывают большую часть территории вокруг ложа хвостохранилища, это говорит о том, что в листьях березы на изучаемом объекте происходит интенсивное накопление Er и Sm по сравнению с La.

Результаты исследования подтверждают известный вывод о том, что величины отношений Th/U и REE являются индикаторами степени техногенной трансформации окружающей среды в пределах техногенных ландшафтов.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ

Социальная или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров (ICCSR 26000:2011) [135].

Международный стандарт ICCSR 26000:2011 [135] по социальной ответственности организации предполагает освещение вопросов промышленной производственной безопасности (безопасности и гигиене труда), охране окружающей среды и ресурсосбережению, возможных чрезвычайных ситуаций и принятия решений, которые исключают несчастные случаи на производстве, вредные воздействия на природу.

В данной главе выпускной квалификационной работе 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 работе за персональным компьютером, и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе МИНОЦ «Урановая геология» на кафедре геоэкологии и геохимии ИПР (541 ауд.) на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ, Ленина 2/5), имеет естественное и искусственное освещение. Размер помещения 8,5×9,5×3,1. Площадь на одно рабочее место в ПВЭМ составляет не менее 4,5 м², а объем – не менее 20 м³. В аудитории имеется 12 персональных компьютеров. Работа на ПВЭМ проводится в помещении, соответствующем гигиенические требования [140].

В таблице 13 приведены вредные и опасные факторы при работе на персональном компьютере (Asus K34) в производственном процессе.

Таблица 13 – Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы в рабочем помещении (учебный компьютерный класс МИНОЦ «Урановая геология», 541 ауд.)

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка информации на персональном компьютере (обработка баз данных, набор текста и т.д.)	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении. 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 3. Степень нервно-эмоционального напряжения.	1. Электрический ток 2. Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ [129]. ГОСТ 12.1.38-82 [130]. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [140]. СНиП 23-05-95 [144]. СанПиН 2.2.4.548-96 [142].

Примечание: Пожарная и взрывная безопасность рассматривается в п. 6.4 как чрезвычайные ситуации

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредные факторы рабочего помещения, оборудованных ПЭВМ, включают в себя: отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны и степень нервно-эмоционального напряжения.

1. Отклонение показателей микроклимата в помещении. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха; температура поверхностей; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой

и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма [142].

Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (учебный компьютерный класс МИНОЦ «Урановая геология», 541 ауд.), СанПиН 2.2.4.548-96 [142]

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.
Холодный	Ia	22	22-24	40	60-40	0,1	0,1
Теплый	Ia	25	23-25	55	60-40	0,1	0,1

Примечание: Категория Ia – работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [142].

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением.

Таким образом, микроклиматические условия рабочего помещения соответствуют гигиеническим требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 [142] и являются комфортными. Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности в помещениях, оборудованных ПЭВМ, заключаются в ежедневной влажной уборке и систематическом проветривании (естественная вентиляция) после каждого часа работы на ПЭВМ.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на

высоте 1,5 м. Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия [142].

2. *Недостаточная освещенность рабочей зоны.* При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами СНиП 23-05-95 [144]. В нормах прописан ряд требований к качеству освещения: равномерное распределение яркости и отсутствие резких теней; в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная блескость; освещенность должна быть постоянной во времени; оптимальная направленность светового потока; освещенность должна иметь спектр, близкий к естественному. СНиП 23-05-95 [144] устанавливает минимальные (нормативные) показатели освещенности в наименее освещенных точках рабочих поверхностей.

В аудитории, где находится рабочее место, совмещенное освещение. Естественное освещение осуществляется через боковые окна, ориентированные на восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 15 светильниками, встроенными в потолок и расположенными в 5 рядов параллельно рядам столов с ПЭВМ, что позволяет достичь равномерного освещения.

Для определения величин нормированного естественного освещения используется таблица 2 СНиПа 23-05-95 [144]. Выполняемая работа относится к средней точности. Работа средней точности характеризуется тем, что размер наименьшего объекта различения лежит в пределах от 0.5 до 1 мм. Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность – не менее 70 %. В процессе зрительной работы фон и контраст объекта с фоном средний. При боковом естественном

освещении коэффициент естественной освещенности должен составлять 0,5 % [144].

Также освещенность поверхности экрана не должен быть более 300 лк, яркость светящихся поверхностей (окно, светильник и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200кд/м², яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200кд/м² [146].

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах.

Таблица 15 - Норма освещенности рабочего места (СНиП 23-05-95) [144]

Тип помещения	Нормы освещенности, лк при освещении	
	Комбинированное	Общее
Машинный зал	750	400
Помещение для персонала, осуществ. техническое обслуживание ПЭВМ	750	400

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и для регулирования яркости окон могут быть применены занавеси, шторы, жалюзи [144].

Расчет освещенности помещения. Одним из методов для расчета искусственного освещения является метод светового потока. Он используется для определения общего равномерного освещения на горизонтальной поверхности.

Расчет освещения производится для помещения размером 8,5×9,5×3,1 м, потолок в аудитории белый, стены бежевые, а пол красно-оранжевый окраски. В качестве источников света при искусственном освещении используются светильники типа ЛПО 2х36 с люминесцентными лампами

белого света. Основные характеристики: количество и мощность лампы – 2*36 Вт; мощность, потребляемая из сети – 85 Вт; размеры, мм: 1262×205×72; КПД – 54%; световой поток – 2×2850 лм.

Высота светильника над рабочей поверхностью $h=2,35$ м при высоте рабочей поверхности над полом 0,75 м.

L – расстояние между соседними светильниками или рядом (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B),

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности. Для выбранного типа светильника (с косинусным типом кривой): $\lambda=1.4$, следовательно оптимальное расстояние между светильниками:

$$L=\lambda \cdot h=1.4 \cdot 2.35=3.29 \text{ (м)}.$$

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены в случае, когда рабочие места расположены у стен, рекомендуется принимать равной $0,3 \cdot L$, в данном случае $l=0,987$ (м). Следовательно, нам необходимо 12 светильника, план расположения светильников приведен на рисунке 27.

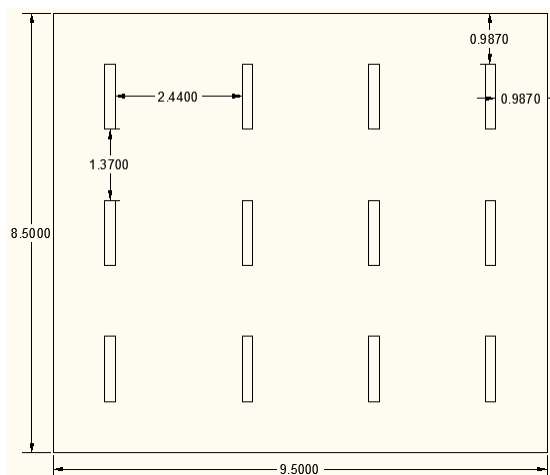


Рисунок 27 – План помещения и размещения светильников типа ЛПО с люминесцентными лампами белого света.

Определение требуемого количества светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot 100 \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}}$$

где E – требуемая освещенность горизонтальной плоскости по СНиП 23-05-95, лк;

S – площадь помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли ($K_3=1,4$);

U – коэффициент использования осветительной установки, %;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одной лампы, лм;

n – количество ламп в одном светильнике.

Для определения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения i , значения коэффициентов отражения стен $\rho_{\text{ст}}$ и потолка $\rho_{\text{п}}$ и тип светильника.

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{9.5 \cdot 8.5}{3.1(9.5 + 8.5)} = 1.45$$

$\rho_{\text{ст}}=50\%$, $\rho_{\text{п}}=70\%$, следовательно $U=60$.

$$N = \frac{400 \cdot 80,75 \cdot 100 \cdot 1,4}{60 \cdot 2 \cdot 2850} = 13,2$$

Из расчета видим, что для достижения освещенности в 400 лк «Естественное и искусственное освещение» в помещении необходимо установить 13 светильников, это больше чем было взято для расчета, но в аудитории установлено 15 светильников, что указывает на достаточную освещенность помещения [129].

3. *Степень нервно-эмоционального напряжения.* Нервно-эмоциональное напряжение при работе на персональном компьютере (ПК) возникает вследствие дефицита времени, большого объема информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК (сбои, оперативное ожидание и т.д.), ответственности за безошибочность информации. Для того чтобы избежать утомляемости необходимо делать

каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку.

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. *Электрический ток* – это основной опасный фактор при компьютерной работе. Источником электрического тока являются электрические установки, к которым относятся оборудование ЭВМ. Они представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие [40]. Общие требования и номенклатура видов защиты соответствует ГОСТу 12. 1. 019-79 [33]. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов нормируется согласно ГОСТу 12.1.038-82. ССБТ [130].

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 16.

Таблица 16 - Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, ГОСТу 12. 1. 038-82 [130]

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3

Примечания:

1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения.

2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза [130].

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в таблице 17.

Таблица 17 - Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок, ГОСТу 12. 1. 038-82 [130]

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св.1,0
Переменный 50 Гц	U, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве до высокой температуры внутренних органов человека (кровеносных сосудов, сердца, мозга).

Электролитическое действие тока проявляется в разложении органических жидкостей тела (воды, крови) и нарушениях их физико-химического состава.

Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма и сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц (сердца, лёгких). Эти действия приводят к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Электрические травмы представляют собой чётко выраженные местные повреждения тканей организма человека, вызванные воздействием электрического тока (или дуги) [138].

Электротравмы излечимы, хотя степень тяжести может быть значительной вплоть до гибели человека.

Различают следующие электрические травмы [138]:

- 1) электрические ожоги;
- 2) электрические знаки;
- 3) металлизация кожи;
- 4) электроофтальмия;
- 5) механические повреждения.

Поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через его тело или, иначе говоря, при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках.

Основными мероприятиями, направленными на ликвидацию причин травматизма относятся [130]:

1. Систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
2. Разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации вычислительной техники и контроль их соблюдения;
3. Соблюдения правил противопожарной безопасности;
4. Своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово-профилактических работ и предупредительных ремонтов [130].

2. Пожаровзрывобезопасность.

Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов. Пожары на промышленных предприятиях, нефтегазопромыслах, на транспорте, в быту представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб. Поэтому вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности имеют государственное значение [138].

Основными причинами пожаров на производстве являются:

1. Причины электрического характера (короткие замыкания, перегрев проводов);
2. Открытый огонь;
3. Удар молнии;

4. Разряд зарядов статического электричества.

Рабочее помещение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91[131] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [132].

В помещении на видном месте вывешен план эвакуации сотрудника в случае возникновения пожара. Курить в рабочем помещении строго запрещается. Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте. После окончания работы необходимо отключить электроэнергию.

Если возникновения пожара не удалось избежать, следует провести эвакуацию сотрудника согласно плану эвакуации, и вызвать пожарную службу (телефон 112). При небольшом пожаре следует попытаться потушить его самостоятельно, используя огнетушители.

6.3 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

Санитарно-гигиенические требования к помещениям для эксплуатации ПЭВМ [140] следующие: помещение для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должно быть ориентированы на север и северо-восток.

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола помещения: окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого, пол – зеленый; окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого, пол – красновато-оранжевый; окна ориентированы на восток и запад – стены желто-зеленого цвета, красновато-оранжевый.

Оконные проемы должны иметь регулирующие устройства (жалюзи). Компьютер нужно установить так, чтобы на экран не падал прямой свет (иначе экран будет отсвечивать, что является вредным для экрана). Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом

отражения для потолка – 0,7 – 0,8; для стен – 0,5 – 0,6; для пола – 0,3 – 0,5. Отделка помещения полимерными материалами производится только с разрешения Госсанэпиднадзора.

В образовательных помещениях запрещается применять полимерные материалы (ДСП, слоистый пластик, синтетические ковровые покрытия и т.д.), выделяющие в воздух вредные химические вещества. Пол помещения должен быть ровной, антистатический.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) должна составлять не менее 4,5 м². В помещении должны быть медицинская аптечка и углекислотный огнетушитель [140]. Дисплей на рабочем месте оператора должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимым без необходимости поднять опустить голову.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС является пожар на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федеральных законов от 10.07.2012 N 117-ФЗ, 02.07.2013N 185-ФЗ) [147].

Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся:

- конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению;
- ограничения пожарной опасности строительных материалов используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;
- наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;
- сигнализация и оповещение о пожаре.

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- «план эвакуации людей при пожаре»;
- памятка о соблюдении правил пожарной безопасности;
- ответственный за пожарную безопасность;
- для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции;
- для локализации небольших загораний помещение оснащено углекислотными огнетушителями (ОУ-8 в количестве 2 шт);
- установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчик-сигнализатор типа ДТП) – рисунок 28.

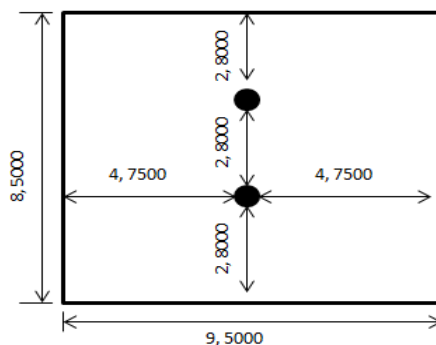


Рисунок 28 – Схема расположения автоматической противопожарной сигнализации в учебном компьютерном классе МИНОЦ «Урановая геология» на кафедре геоэкологии и геохимии ИПР (541 ауд.).

6.5 Законодательное регулирование проектных решений

Согласно Конституции Российской Федерации, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

В Федеральном законе Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», главе 1, статье 5 утверждены права и обязанности работника в связи с проведением специальной оценки условий труда.

В соответствии со статьей 26 настоящего Федерального закона работник вправе присутствовать при проведении специальной оценки условий труда на его рабочем месте; обращаться к работодателю (его представителю) организации, эксперту организации, проводящему специальную оценку условий труда, за получением разъяснений по вопросам проведения специальной оценки условий труда на его рабочем месте; обжаловать результаты проведения специальной оценки условий труда на его рабочем месте. Работник обязан ознакомиться с результатами проведенной на его рабочем месте специальной оценки условий труда [148].

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Территориально Комсомольское хвостохранилище располагается на территории бывшего Комсомольского золотоизвлекательного завода в пос. Комсомольск Кемеровской области – рисунок 1.

Объектом биогеохимических исследований явились листья березы повислой (*Betula pendula*). Это распространенный вид и древесный эдификатор в Сибирском регионе. Береза проявляет высокую пыле-, дымо-, и газо-, устойчивость и успешно выполняет защитные и санитарно-гигиенические функции.

С целью оценки эколого-геохимического состояния территории Комсомольского хвостохранилища был произведен отбор листьев березы повислой (*Betula pendula*), опробование производилось во второй декаде июля 2015 г. по радиальной сети от внешней границы хвостохранилища с шагом 250 м по 10 профилям. Масса биогеохимической пробы составляет 100-200г сырого вещества. Всего на исследуемой территории было отобрано 20 проб листьев березы. Карта опробования представлена на рисунке 3.

7.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности работ по проекту и объемы проектируемых работ

Организационный период. На этой стадии работ ставится задача проведения эколого-геохимических исследований, производится комплектование подразделения научно-техническим персоналом, оборудованием, снаряжением и расходными материалами, распределяются обязанности между сотрудниками, осуществляются мероприятия по безопасному ведению работ.

Полевой период. Во время полевого периода производился отбор проб листьев березы повислой. Опробование проводится по радиальной сети наблюдения (рисунок 3) в соответствии с линейно-календарным графиком (таблица 18).

Камеральный период. Камеральные работы заключаются в подготовке проб к анализам, интерпретации результатов и обработке полученных материалов. Вся полученная информация представляется в виде отчета в соответствии с техническим заданием и требованиям к эколого-геохимическим исследованиям.

Календарный план – это оперативный график выполнения работ. Календарный план отражает отдельные этапы и виды планируемых работ (проектирование, полевые, камеральные, лабораторные и другие работы), общую их продолжительность и распределение этого срока по месяцам в планируемом году (таблица 18).

Таблица 18 – Календарный план работ

Вид работ	Продолжительность выполнения работ, 2015г.			
	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Планирование проектной работы	+			
Отбор биогеохимических проб		+		
Ликвидация полевых работ		+		
Лабораторные работы			+	
Камеральные работы				+

Финансовый план позволяет планировать бюджет проекта, включает в себя расчет основных расходов физических единиц работ, общую сметную стоимость эколого-геохимических работ (форма СМ-1), расчет стоимости, с учетом амортизационных отчислений, основных фондов.

Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом.
Содержание работ: выбор пунктов отбора проб, отбор проб листьев тополя вручную, маркировка пакетов для проб, этикетирование и упаковка проб, изучение и описание материалов проб. Отражение и закрепление на маршрутной карте пунктов наблюдения, сушка и измельчение материала проб, регистрация проб в журнале.

Лабораторные работы включали сушку и измельчение сухих проб, затем пробы отправлялись на анализ. Элементный анализ производился

подрядчиком методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в аккредитованном химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск). Виды, условия и объёмы работ (технический план) представлены в таблице 19. На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Таблица 19 – Виды и объёмы проектируемых работ (технический план)

№ п/п	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	20	Отбор проб осуществляется на территории пос. Комсомольск	Бумажные (карфт) пакеты
2	Проведение маршрута (по предварительно разбитым профилям)	км	4	Прохождения маршрута по границе хвостохранилища для отбора проб	
3	Камеральные работы	проба	20	Ручная работа, компьютерная обработка материала	ПЭВМ

7.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Порядок расчета затрат времени на эколого-геохимические работы определен «Инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и СН-93, выпуск 2 «Геолого-экологические работы» [143]. Из этого справочника взяты следующие данные: норма времени, выраженная на единицу продукции; коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$t = Q * H_g * K, \text{ где}$$

Q – объем работ; H_g – норма времени; K – соответствующий коэффициент к норме.

На основе технического плана, в котором указаны все виды работ, определены затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах

(таблица 20).

Таблица 20 – Расчет затрат времени на эколого-геохимические исследования без учета лабораторных аналитических работ

№	Виды работ	Объем		Норма длительности, <i>H</i>	Коэфф ициент, <i>K</i>	Нормативный документ	Итого чел./с мена, <i>N</i>
		Ед. изм.	Кол- во, <i>Q</i>				
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проб	20	0,0591	1	ССН, вып. 2. Табл. 41, стр. 2, ст. 2	1,2
2	Проведение маршрута (по предварительным разбитым профилям)	км	4	0,327	1	ССН, вып. 2 табл. 45 стр.6, ст.3	1,308
3	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	проб	20	0,0136	1	ССН, вып. 2. Табл. 59, стр. 3, ст. 3	0,28
4	Камеральные работы, обработка материалов ЭГР (с использованием ЭВМ)	проб	20	0,0337	1	ССН. Вып 2. Табл 61, стр.3, ст.3	0,674
5	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей природных сред	проб	20	0,0034	1	ССН. Вып 2. Табл 60 стр. 29	0,068
Итого:							3.5

7.3 Нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для биогеохимических и камеральных работ определялись согласно ССН, выпуск 2 [143], а для лабораторных работ согласно ССН, выпуск 7а [133] (таблица 21).

Таблица 21 – Нормы расхода материалов на проведение эколого-геохимических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Полевые биогеохимические работы				
Блокнот	шт.	70	1	70
Маркер	шт.	20	1	20
Карандаш простой	шт.	30	1	30
Ручка шариковая	шт.	50	1	50
Крафт пакеты (100 шт.)	шт.	350	23	80
Контейнер для проб	шт.	2,5	10	25
Лабораторные работы				
Тигли фарфоровые	шт.	15	5	75
Спирт этиловый	л	50	0,25	12,5
Вата стерильная	кг	100	0,2	20
Камеральные работы				
Бумага офисная	шт.	100	0,32	32
Резинка учен.	шт.	2	0,8	1,6
Карандаш простой	шт.	30	0,32	1,28
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	40	1	40
Стержень для ручки шариковой	шт.	10	1	10
Итого:				467,38

7.4 Общий расчет сметной стоимости

Базой для расчетов сметной стоимости проекта на проведение эколого-геохимических работ служат основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту, которые подразделяются на собственно эколого-геохимические работы и сопутствующие работы и затраты.

На эту базу начисляются проценты, обеспечивающие организацию и управление работ по проекту, так называемые расходы, за счет которых

осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расходы на организацию полевых работ составляют 1,2% от суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ – 0,8% от суммы полевых работ. Расходы на транспортировку грузов и персонала – 5% полевых работ. Накладные расходы составляют 15% основных расходов.

Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %.

Сметно-финансовые и прочие сметные расчеты производятся на работы, для которых нет ССН. Основные расходы для них рассчитываются в зависимости от планируемых расходов: труда (количество человек, их загрузка, оклад), материалов, техники. Затраты труда определяются по трем статьям основных расходов: основная заработная плата (оклад с учетом трудозагрузки); дополнительная заработная плата (7,9% от основной заработной платы); отчисления на социальное страхование (30% от суммы основной и дополнительной заработной платы).

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * T * K,$$

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.).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%,$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ},$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (руб.).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + M + A + R,$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 22, а расчет затрат на подрядные работы – в таблице 23.

Таблица 22 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ

Наименование расходов		Един. измер	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основ. расходов
Основная заработная плата:						
Техник геолог 1 категории	1	чел-см	3,50	471	1,022	1685
Рабочий 3 разряда	1	чел-см	2,00	362	1,022	740
И Т О Г О:	2		5,50			2425
Дополнительная зарплата	7,9%					192
И Т О Г О:						2617
И Т О Г О: с р.к.=	1,3					3402
Страховые взносы	30,0%					1021
И Т О Г О:						4423
Материалы, К _{ТЗР} =1,0	5,0%					131
Амортизация	1	смена	5,50	66,22		2649
И Т О Г О основных расходов:						7203
И Т О Г О основных расходов						11501,18

В итоге, сметно-финансовый расчет на выполнение полевых работ на период (3,5 дня) составляет **11 501,18** рублей.

Таблица 23 – Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб.	Итого
1	Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой	20	2 000	40 000
	Итого			40 000

Общий расчет сметной стоимости эколого-геохимических работ отображен в таблице 24.

Таблица 24 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Количество	
I	Основные расходы (ОР)			
1	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	11 501,18
2	Полевые работы (ПР)			11 501,18
3	Организация полевых работ	% от ПР	1,50	172,5
4	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,80	92,00
5	Камеральные работы	% от ПР	100	11 501,18
Итого основных расходов (ОР):				34 768
II	Накладные расходы	% от ОР	15	5215,2
Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)				39 983,2
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	7996,64
IV	Подрядные работы			
1	Лабораторные работы			40 000
V	Резерв	% от ОР	3	1043,04
Итого сметная стоимость				89 022,88
VI	НДС	%	18	16024,11
Итого с учётом НДС:				105 047

В итоге, затраты на реализацию данного научно-исследовательского проекта в установленный период составляют **105 047** рублей с учетом НДС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Листья березы повислой (*Betula pendula*), в сравнении с другими частями растения, являются наиболее пластичными органами, ассимилирующие и аккумулирующие практически весь спектр химических элементов. Свойства листьев способствуют накоплению довольно широкого ряда вредных соединений. Также важен факт, что поверхность листа значительно выше, чем ее прямая проекция кроны на поверхность Земли, что говорит об эффективной фильтрации большого объема атмосферных загрязнителей.

Использование растения с целью оценки загрязнения окружающей среды имеет широкое применение. Прямое поступление элементов через кору и листву может является главным путем попадания элементов в растения, особенно в высоко загрязненных районах.

Основные факторы, определяющие химический состав растений, — это ландшафтно-геохимические условия их произрастания. Зависимость поглощения различных химических элементов растениями в настоящее время широко отражено в литературе.

Результат исследования в значительной степени зависит от использования методов математической статистики: вычисления оценок числовых характеристик содержаний элементов, применения параметрических или непараметрических критериев различия выборок, корреляционно-регрессионного, кластерного и факторного анализов. Важнейшим методом эколого-геохимических исследований также является метод эколого-геохимического картирования с использованием современных программных комплексов.

Территориально Комсомольское хвостохранилище располагается в пос. Комсомольск Кемеровской области, на территории бывшего Комсомольского золотоизвлекательного завода. На заводе перерабатывались методом цианирования перерабатывались золото - арсенопирит кварцевые руды. Завод перерабатывал золотосодержащие отходы Кадамжайского сурьмяного комбината (Кыргызстан) и Бериккульской золотоизвлекательной фабрики.

Экологическая обстановка на территории Комсомольского хвостохранилища оценивается как напряженная. Наибольший вклад в техногенную нагрузку окружающей среды вносят химические элементы, как Zn, As, Sb, Cu, Pb.

Объектом эколого-геохимических исследований окружающей среды на территории Комсомольского хвостохранилища явились листья березы повислой (*Betula pendula*).

Листовая система березы является мощным воздушным насосом дерева, она обеспечивает поглощение и накопление значительных количеств загрязняющих веществ. Поэтому листья в настоящее время активно используются для биогеохимической индикации окружающей среды.

При проведении анализа тяжелых металлов и мышьяка в сухом веществе листьев березы отобранных на территории Комсомольского хвостохранилища, отмечено заметное превышение, по сравнению с фоном, средних содержаний мышьяка, кадмия, марганца, никеля, рубидия и железа. В сравнении с реферативными данными выделяются такие элементы как: магний, титан, хром, кадмий. Так же незначительное превышение над фоном имеют кобальт, никель, цинк и барий. При сопоставлении данных со стандартным образцом листа березы выделяются: мышьяк, барий, молибден и рубидий. Другие элементы демонстрируют средние содержания на уровне и ниже фоновых и нормативных данных.

Так же стоит отметить, что на территории хвостохранилища в листьях березы происходит интенсивное накопление токсичных элементов, которые концентрируются, как правило, на территории усыхающего техногенного озера и бывшего золотоизвлекательного завода.

По коэффициентам концентрации ($K_c > 1,5$) в порядке их убывания построен геохимический ряд: $Mn_{6,2} > Rb_{5,0} > Cd_{2,1} > As_{1,7} > Ni_{1,5} > Co_{1,4}$. Данный геохимический ряд отражает геохимическую специфику территории хвостохранилища.

Кластерный анализ позволил выделить сильные значимые корреляционные связи у ассоциаций элементов: сидерофильные Fe-Co-Mn, халькофильные Ag-Cu-Zn, литофильные W-Ca.

Факторный анализ определил вклад в общую дисперсию факторных нагрузок основных элементов-индикаторов. Значимые нагрузки по первому фактору наблюдаются у Cr, Co, Mn (19,05 %), по второму фактору выделяются Ca, W и As (15,9 %). Влияние первого фактора на общую дисперсию, связано с влиянием природного источника поступления элементов и отражает особенности геохимического состава горных пород изучаемой территории. Группа элементов второго фактора отображает техногенную природу воздействия хвостохранилища на окружающую среду.

Так же нами был проанализирован материал по распределению редкоземельных и радиоактивных элементов на территории Комсомольского хвостохранилища по данным опробования листьев березы.

Установлена закономерность в распределении лантана и иттербия, а также урана и тория в пробах листьев березы в зависимости от удаленности хвостохранилища. На границе хвостохранилища в импактной зоне отмечены более низкие содержания La, Yb, U и Th, а также низкие значения Th/U отношения. Ореол с минимальными значениями La/Yb отношения картирует зону окисления сульфидных отходов. По мере удаления от границы хвостохранилища в буферной зоне содержания La, Yb, U, Th и значения Th/U отношения в пробах растительности возрастают.

Ореолы с максимальными значениями La/Sm и La/Er отношений покрывают большую часть территории вокруг ложа хвостохранилища, это говорит о том, что в листьях березы на изучаемом объекте происходит интенсивное накопление Er и Sm по сравнению с La.

Результаты исследования подтверждают известный вывод о том, что величины отношений Th/U и REE являются индикаторами степени техногенной трансформации окружающей среды в пределах техногенных ландшафтов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список литературы

1. Абуталыбов М.Т. Значение микроэлементов в растениеводстве. Баку: Кн.изд-во, 1961
2. Алексеев Ю.В Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Антропромиздат, 1987.
3. Алексеенко В.А Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Наука, 1990.
4. Бабошкина С. В. Микроэлементы в почвах и растениях различных по степени измененности ландшафтов / С. В. Бабошкина, А. В. Пузанов, И. В. Горбачев // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Мат. V Междунар. науч.-практич. конф., Семей, 15 - 18 октября 2008 г. – Т. 1. – Семей, 2008. – С. 131-136.
5. Балашов Ю.Л. Геохимия редкоземельных элементов. М., "Наука", 1976 г.
6. Барановская Н. В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем : автореф. дис. ... д-р. биол. наук: 03.02.08 / Барановская Наталья Владимировна. – Томск, 2011. – С. 46.
7. Барановская Н. В. Элементный состав биологических материалов и его использование для выявления антропогенно-измененных территорий (на примере южной части Томской области): автореф. дис. ...канд. биол.наук: 03.00.16 / Барановская Наталья Владимировна. – Томск, 2003. – С. 21.
8. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. Пер. с англ. И.Н. Михайловой. – М.: ГЕОС, 2005. – С. 457.
9. Батоян В. В. Биогеохимическая оценка состояния природной среды (опыт разработки методики регионального анализа) / В. В. Батоян, В. С. Вшивцев, Н. С. Касимов и др. // Природные и антропогенноизмененные

биохимические циклы: труды биогеохимической лаборатории. – М.: Наука, 1990. – Т. 21. – С. 108–125.

10. Башкин В. Н. Биогеохимия / В. Н. Башкин, Н. С. Касимов. – М.: Научный мир, 2004. – С. 648.

11. Безель, В. С. Геохимия травянистых биогеоценозов: биогенные циклы химических элементов при загрязнении природной среды тяжелыми металлами / В. С. Безель, Т. В. Жуйкова, В. А. Гордеева // Геохимия. – 2015. – № 3. – С. 252.

12. Безель В. С. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов надземной фитомассой травянистой растительности / В. С. Безель, Т. В. Жуйкова // Экология. – 2007. – № 4. – С. 259–267.

13. Белан Л. Н. Геоэкологические основы природно-техногенных экосистем горнорудных районов Башкортостана: автореф. дис. ... д-ра. геол.-минерал. наук : 25.00.36 / Белан Лариса Николаевна. – Москва, 2007. – С. 50.

14. Белоголова Г. А. Распределение макроэлементов в растениях Южного Прибайкалья / Г. А. Белоголова, П. В. Коваль, Г. В. Матяшенко и др. // Сибирский экологический журнал. – 2006. – Т. 13. – № 3. – С. 359-396.

15. Берзина И. Г. Обнаружение радиоактивного загрязнения окружающей среды по радиографии растений / И. Г. Берзина // Радиографические методы исследования в радиогеохимии и смежных областях: 3 Всесоюзное совещание, г. Томск, 11–15 июня 1991. – Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО АН СССР, 1991. – С. 102–103.

16. Биогеохимические методы при изучении окружающей среды: сб. науч. статей / под ред. Э. К. Буренкова, Н. Ф. Челищева. – М.: ИМГРЭ, 1989. – С. 159.

17. Биоиндикация радиоактивных загрязнений / под ред. Д.А. Криволуцкого. – М.: Наука, 1999. – С. 384.

18. Бортникова С.Б. Геохимия техногенных систем / С.Б. Бортникова, О.Л. Гаськова, Е.П. Бессонова; ИГМ СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. – С. 169.
19. Бортникова С. Б. Перенос элементов в газоаэрозольной фазе из отвалов Комсомольского золотоизвлекательного завода (Кемеровская обл.) // Химия в интересах устойчивого развития / Сиб. отд-ние Рос. акад. наук и др. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2016г. 24т. - С.11-22.
20. Власов Д.В. Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах восточного округа Москвы: дис. ... канд. географ. наук / Власов Дмитрий Валентинович. – Москва: МГУ, 2015. - С.160.
21. Власов Д.В. Листья клена платовидного как биоиндикатор загрязнения городских территорий тяжелыми металлами и металлоидами // Экологические проблемы антропогенной трансформации городской среды. – Пермь, 2013. – С. 333-337.
22. Власюк П.А. Микроэлементы в и радиоактивные изотопы в питании растений. Киев: Изд-во АН УССР, 1956.
23. Гармаш Г. А., Гармаш Н. Ю. Влияние тяжелых металлов, внесенных в почву с осадком сточных вод, на урожайность и качество продукции // Агрохимия. — 1989. — № 5. — С. 84–87.
24. Гармаш Г. А. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях вокруг металлургических предприятий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 1985. — С. 25.
25. Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека (печальный опыт России) / Ю.П. Гичев / под ред. А.Б. Яблокова. – Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2002. – С. 230.
26. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – С. 328.
27. Гордеева О. Я. Распределение и миграция тяжелых металлов и мышьяка в системе почва - растение в условиях г. Свирска (Южное

Прибайкалье) / О. Я. Гордеева, Г. А. Белоголова, В. И. Гребенщикова // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 3. – С. 108-113.

28. Грабовская Л. И. Геология месторождений режких элементов / Л. И. Грабовская, Е. Д. Астрахан // Биогеохимические и геоботанические исследования при поисках редкометальных месторождений, вып. 19. – М.: Гос. н-т изд-во лит-ры по геологии и охране недр, 1963. – С. 64.

29. Егорова И. А. Содержание Ве, Ва, Sr в растениях северо-западного Алтая // И. А. Егорова, Ю. В. Кислицина А. В. Пузанов // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: мат. VII Междунар. науч.-практич. конф., Семей, 4–8 октября 2012 г. – Семей, 2012. – С. 135-136.

30. Жуйкова Т. В. Особенности почв и травянистых растительных сообществ в условиях техногенеза на Среднем Урале / Т. В. Жуйкова Э. В. Мелинг С. Ю. Кайгородова и др. // Экология. – 2015. – № 3. – С.

31. Замятина Ю. Л. Изучение истории поступления радионуклидов в окружающую среду на основе f-радиографического анализа колец деревьев : дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 /Замятина Юлия Леонидовна. – Томск: ТПУ, 2008. – С.112.

32. Зырин Н. Г. Мышьяк и сурьма в растениях техногенных ландшафтов / Н. Г. Зырин, Е. Ф. Ковнацкий, С. Г. Малахов // Тр. III Всесоюз. совещания в Обнинске. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 121–125.

33. Ильин В. Б., Степанова М. Д. Распределение свинца и кадмия в растениях пшеницы, произрастающей на загрязненных этими металлами почвах // Агрохимия. — 1980. — № 5. — С. 114–120.

34. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991.

35. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – С.127.

36. Кабата-Пендиас, А., Пендиас, Х. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
37. Казначеев, В. П. Очерки теории и практики экологии человека / В. П. Казначеев / отв. ред. А. В. Сидоренко // Сер. Современные проблемы биосферы. – Москва: Наука, 1983. – С. 261.
38. Калашникова З. В. Накопление кобальта и кадмия в урожае некоторых сельскохозяйственных культур при облучении растений на почвах, загрязненных тяжелыми металлами // Агрохимия. — 1991. — № 9. — С. 77–82.
39. Каракаева Л. С. О содержании аскорбиновой кислоты и тяжёлых металлов в видах рода *Populus* L. различных зон Оренбуржья / Л. С. Каракаева, Ю. А. Докучаева, А. А. Машкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (41). – С. 226–229.
40. Карпенко Ю.А., Юсупов Д.В. Биоиндикация тяжелых металлов и мышьяка в районе хвостохранилища отходов горнорудного производства // Творчество юных – шаг в успешное будущее: Материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Дельтаплан, 2015. – С. 242 – 243.
41. Касимов Н. С. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, О. И. Сорокина и др. // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. – № 4 (49). – С. 14-31.
42. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений. — Новосибирск: Наука, 1991. — С. 294.
43. Коваль А. Т., Павлова Л. М., Радомская В. И. и др. Ртуть в экосистемах Приамурья // Вестн. ДВО РАН. — 2004. — № 4. — С. 94–103.
44. Ковальский В.В. Актуальные задачи геохимической экологии // Труды биогеохимической лаборатории, т. 22. М., Наука, 1991, С. 3-12.
45. Ковальский В.В. и др. Южно-Уральский субрегион биосферы // Труды биохимической лаборатории, т. 19. М., Наука, 1981, С. 3-64.

46. Ковальский В.В. Геохимическая среда, микроэлементы, реакции организмов // Труды биохимической лаборатории, т. 22 // Проблемы геохимической экологии. М., Наука, 1991, С. 5-23.
47. Кулагин А. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А. А. Кулагин, Ю. А. Шагиева. – М.: Наука, 2005. – С.190.
48. Леонов Г. А. Биогеохимические проблемы антропогенной химической трансформации водных экосистем / Г. А. Леонова, Г. Н. Аношин, В. А. Бычинский Геохимия. – 2005. – № 2. – С. 182-196.
49. Лукашев В. К., Симуткина Т. Н. Особенности распределения и формы соединений микроэлементов в почвах крупного промышленного города // Почвоведение. — 1984. — № 4. — С. 43–52.
50. Мирзеханова З. Г., Шлотгауэр С. Д. Анализ экологической обстановки при разработке россыпных месторождений // География и природ. ресурсы. — 1991. — № 2. — С. 56–63.
51. Мирзеханова З. Г. Ресурсоведение: Курс лекций. — Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 2003. — С.363.
52. Миркин Б.М. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2001. – С. 262.
53. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть II. Компьютерный практикум. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 150.
54. Никифорова Е. М. Свинец в ландшафтах придорожных экосистем // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. — М.: Наука, 1981. — С. 220–229.
55. Орлов Д. С. Биогеохимия / Д. С. Орлов, О. С. Безуглова. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – С. 319.
56. Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. – С. 370.

57. Павлова К.С. Элементный состав золы листьев березы как индикатор состояния рекреационных территорий республики Алтай // Международная молодежная Школа-семинар «Геохимия живого вещества». Посвящено 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского (1863–2013 гг.). – Томск, 2013. – С. 165–168.
58. Плеханова И. О. Цинк и кадмий в почвах и растениях городской среды / И. О. Плеханова, А. И. Обухов // Цинк и кадмий в городской среде. – М.: Наука, 1992. – С. 144–159.
59. Позолотина В. Н. Биоиндикация радионуклидного загрязнения экосистем с помощью растений / В. Н. Позолотина, Е. В. Ульянова, И. Е. Сарапульцев // Урал. Радиация. Реабилитация / под ред. В. Н. Чуканова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – С. 183–200.
60. Позолотина В. Н. Миграция и биологическое действие на растения тяжелых естественных радионуклидов / В. Н. Позолотина, П. И. Собакин, И. В. Молчанова и др. // Экология. – 2000. – №1. – С. 17–23.
61. Протасова Н.А., Щербакова А.П., Копаева М.Т. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья. Воронеж.: Изд-во Воронежского ун-та, 1992.
62. Радомская В. И., Радомский С. М., Юсупов Д. В., Моисеенко В. Г. Биоаккумуляция благородных металлов растениями // Докл. РАН. — 2003. — Т. 388, № 1. — С. 93–96.
63. Ревич Б. А. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы / Б. А. Ревич, Д. А. Шапошников, Е. Г. Семутникова // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 7. – С. 29–35.
64. Ревич Б. А. Оценка риска смертности населения России от техногенного загрязнения атмосферного воздуха / Б. А. Ревич, А. А. Быков // Проблемы прогнозирования. – 1998. – № 3. – С. 147.
65. Рихванов Л. П. К геохимии техногенеза / Л. П. Рихванов // Актуальные проблемы геохимической экологии: Мат. V Междунар.

биогеохим. школы, Семипалатинск, 8-11 сентября 2005 г. – Семипалатинск: Семипалатинский государственный педагогический университет, 2005. – С. 48–52.

66. Рихванов Л. П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии / Л. П. Рихванов. – Томск: Изд-во ТПИ, 1997. – 384 с.

67. Рихванов Л.П., Арбузов С.И., Барановская Н.В. и др. Радиоактивные элементы в окружающей среде // Известия Томского политехнического университета, 2007. – Т. 311. – №1. – С.128 – 136.

68. Рихванов Л. П. Радиографические исследования в радиоэкологическом мониторинге / Л. П. Рихванов, Ю. Л. Замятина, Т. А. Архангельская // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 123–127.

69. Рождественская Т. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях юго-западной части Алтайского края: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Барнаул, 2003. — С. 29.

70. Саенко Г. Н. Концентрационная функция живого вещества / Г. Н. Саенко // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии (Тр. Биогеохим. лаб., т. 23). – М.: Наука, 1999. – С. 38–47.

71. Стеблевская Н. И., Медков М. А., Молчанов В. П. и др. Изучение биогеохимического накопления мик роэлементов в почвах и растениях Дальнего Востока // Вестн. ДВО РАН. — 2006. — № 2. — С. 57–63.

72. Сысо А. И. Эколого-агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растительной продукции на юге Западной Сибири / А. И. Сысо, В. Б. Ильин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С. 33–36.

73. Тарасенко И.А. Экологические последствия минералого-геохимических преобразований хвостов обогащения Sn-Ag-Pb-Zn руд. (Приморье, Дальнегорский район) / И.А. Тарасенко, А.В. Зиньков. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – С.194.

74. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – С.384.
75. Теоретические основы биогеохимической экспертизы окружающей среды / П. В. Ивашов, С. Е. Сиротский, В. П. Шестеркин и др. / отв. ред. П. В. Ивашов. – Владивосток, Хабаровск: Ин-т водных и экологических проблем ДВО РАН, 1998. – С.158.
76. Уфимцева М. Д. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. – СПб. : Наука, 2005. – С.339.
77. Уфимцева М. Д. Экофитоиндикация урбанизированных геосистем / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина, С. А. Банарь // Вестник Санкт -Петербургского университета. – 2008. – Сер. 7. – Вып. 4. – С.121–129.
78. Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение / Т. В. Черненко. – М.: Наука, 2002. – С.191.
79. Шаймарданова Б. Х. Биоиндикация урбоэкосистемы г. Павлодара по содержанию химических элементов в золе листвы тополя черного *Populus nigra* L. / Б. Х. Шаймарданова, Г. Е. Асылбекова, Н. В. Барановская и др. // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 338. – С. 212–216.
80. Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем / Л. П. Рихванов, Д.В. Юсупов, Н.В. Барановская, А.Р. Ялалтдинова // Экология и промышленность России. — 2015. — № 6. — С. 58-63.
81. 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 лингвистического университета / Иркутский государственный лингвистический университет (ИГЛУ). — 2014. — № 2 (85). — С. 108-113

82. Ялалтдинова А.Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска: дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Ялалтдинова Альбина Рашидовна Томск, ТрУа, 2015.- С. 172.

83. Al-Alawi, M. M. The use of Aleppo pine needles as bio-monitor of heavy metals in the atmosphere / M. M. Al-Alawi, K. L. Mandiwana // Journal of Hazardous Materials. – 2007. – Vol. 148. – pp. 43–46.

84. Ataabadi, M. Biomonitoring of some heavy metal contaminations from a steel plant by above ground plants tissue / M. Ataabadi, M. Hoodaji, P. Najafi // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 10. – I. 20. – pp. 4127–4132.

Mulgrew, A. Biomonitoring of air quality using plants / A. Mulgrew, P. Williams. // Air Hygiene Report No 10. – WHO CC: Berlin, 2000. – pp. 165.

85. Bargagli R. Trace elements in terrestrial plants: an ecological approach to biomonitoring and biorecovery. – Moscow: Geos Publ., 2005. – p.457.

86. Bargagli, R. Trace elements in terrestrial plants: an ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery / R. Bargagli. – Berlin: Springer-Verlag, 1998. – p. 324.

87. Baslar S., Dogan Y., Yenil N., Karagoz S., Bag H. Trace element biomonitoring by leaves of *Populus nigra* L. from Western Anatolia, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 2005, no. 26, pp. 665–668.

88. Baumann N, Arnold T, Haferburg G 2013 Uranium contents in plants and mushrooms grown on a uranium-contaminated site near Ronneburg in Eastern Thuringia/Germany *Environ Sci Pollut Res.* 21 6921–6929

89. Beckett, K. P. Effective tree species for local air quality management / K. P. Beckett, P. H. Freer-Smith, G. Taylor // Journal Arboriculture. – 2000. – Vol. 26. – pp. 12–19.

90. Bowen, H. J. M. Environmental chemistry of the elements / H. J. M. Bowen. – London: Academic Press, 1979. – 333p.

91. Brooks, R. R. Botanical and geochemical exploration studies at the Seruwila copper-magnetite prospect in Sri Lanka / R. R. Brooks, A. J. M. Baker, R. S. Ramakrishna, D. E. Ryan // *Journal of Geochemical Exploration*. – 1985. – Vol. 24. – pp. 223–235.
92. Chiarenzelli J, Asplerb L, Dunnc C, Cousensd B, Ozarkoe D, Powisf K 2001 Multi-element and rare earth element composition of lichens, mosses, and vascular plants from the Central Barrenlands, Nunavut, Canada *Applied Geochemistry*. – pp. 245–270
93. De Bruin, M. Applying biological monitors and neutron activation analysis in studies of heavy-metal air pollution / M. De Bruin // *IAEA Bull.* – 1990. – Vol. 4. – pp. 22–27.
94. Djingova, R. Instrumental techniques for trace analysis / R. Djingova, I. Kuleff. In: Markert B., Friese K. (Eds.), *Trace elements- their distribution and effects in the environment*. – Oxford: Elsevier Science Ltd., 2000. – pp. 137–186.
95. Djingova R., Wagner G., Peshev D. Heavy metal distribution in Bulgaria using *Populus nigra 'Italica'* as biomonitor. *Science of the Total Environment*, 1995, no. 172, pp. 151–158.
96. Everett, J. L. Comparative survey of lead at selected sites in the British Isles in relation to air pollution / J. L. Everett, C. L. Day, D. Reynolds // *Food and Cosmetics Toxicology*. – 1967. – № 5. – pp. 29–35.
97. Gjengedal E, Martinsen T, Steinnes E 2015 Background levels of some major, trace, and rare earth elements in indigenous plant species growing in Norway and the influence of soil acidification, soil parent material, and seasonal variation on these levels *Environ Monit Assess*. 187. – pp. 1–28
98. Goodman G.T., Roberts T.M. Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature, Load*, 1971, no. 231, pp. 287–292.
99. Goodman, G. T. Plants and soils as indicators of metals in the air / G. T. Goodman, T. M. Roberts // *Nature, Load*. – 1971. – Vol. 231. – pp. 287–292.

100. Gratani, L. Long-term monitoring of metal pollution by urban trees / L. Gratani, M. F. Crescente, L. Varone // *Atmospheric Environment*. – 2008. – Vol. 42. – pp. 8273–8277.
101. Kabata-Pendias A 2011 Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, BocaRaton, USA, p. 505.
102. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. – Boca Raton, USA: CRC Press, 1984. – 315 p.
103. Lazorchak, J. M. USEPA biomonitoring and bioindicator concepts needed to evaluate the biological integrity of aquatic systems / J. M. Lazorchak, B. H. Hill, B. S. Brown et al. In: Markert B. A., Breure A. M., Zechmeister H.G (Eds.), *Bioindicators and biomonitors*. – Oxford: Elsevier Science Ltd., 2003. – pp. 831–874.
104. Lepp N.W. The potential of tree-ring analysis for monitoring heavy metal pollution patterns. *Environmental Pollution*, 1975, no. 9 (1), pp. 49-61.
105. Little P., Martin M.H. A survey of zinc, lead and cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex. *Environmental Pollution*, 1972, no. 3, pp. 241–254.
106. Lorenz, C. M. Bioindicators for ecosystem management, with special reference to freshwater systems / C. M. Lorenz. In: Markert B. A., Breure A. M., Zechmeister H. G. (Eds.), *Bioindicators and Biomonitors*. – Amsterdam: Elsevier Science, 2003. – pp. 123–152
107. Lottermoser B 2007 Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts (Berlin Heidelberg: Springer-Verlag)
108. Madejon, P. White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests / P. Madejon, T. Moranon, J. M. Murillo, B. Robinson // *Environmental Pollution*. – 2004. – Vol. 132. – pp. 145–155.
109. Markert B, Zhang D L 1991 Natural background concentrations of rare-earth elements in a forest ecosystem *Science of The Total Environment*. 103. – pp. 27–35

110. Markert B 1992 Establishing of 'reference plant' for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting Water, Air, and Soil Pollution. 64. – pp. 533–538
111. Markert, B. A. Definitions, strategies and principles for bioindication, biomonitoring of the environment / B. A. Markert, A. M. Breure, H. G. Zechmeister. In: Markert B. A., Breure A. M., Zechmeister H. G. (Eds.), Bioindicators and Biomonitoring. – Amsterdam: Elsevier Science, 2003. – pp. 3–39.
112. Markert, B. (Ed.) Plants as biomonitors. Indicators for heavy metals in the terrestrial environment. – Weinheim: VCH, 1993. – . – p. 644.
113. Martin, M. Biological monitoring of heavy metal pollution: land and air. / M. Martin, P. Coughtrey. – London: Applied Science, 1982. – pp. 475.
114. Mingorance, M. D. Strategies of heavy metal uptake by plants growing under industrial emissions / M. D. Mingorance, B. Valdes, S. Rossini Oliva / Environment International. – 2007. – Vol. 33. – pp. 514–520.
115. Oztürk, M. A Biomonitor of Heavy Metals on Ruderal Habitats in Turkey - *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC / M. Oztürk, S. Sakcali, A. Celik // Sains Malaysiana. – 2013. – Vol. 42. – I.10. – pp. 1371–1376.
116. Pakeman, R .J. Plants as biomonitors of atmospheric pollution: their potential for use in pollution regulation / R. J. Pakeman, P. K. Hankard, D. Osborn // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. – 1998. – Vol. 157. – pp. 1–23.
117. Purvis O W, Chimonides P J, Jones G C, Mikhailova I N, Spiro B, Weiss D J, Williamson B J 2004 Lichen biomonitoring near Karabash Smelter Town, Ural Mountains, Russia, one of the most polluted areas in the world Proc. R. Soc. Lond. - pp. 221–226
118. Reimann C, Arnoldussen A, Boyd R, Finne T E, Koller F, Nordgulen Q, Englmaier P 2007 Element contents in leaves of four plant species (birch, mountain ash, fern and spruce) along anthropogenic and geogenic concentration gradients Science of the Total Environment. pp. 416–433

119. Revich, B. A. Quality of air in industrial cities of the USSR and child health / B. Revich // *The Science of the Total Environment*. – 1992. – Vol. 119. – pp. 121–132.

120. Rossini Oliva, S. Monitoring of heavy metals in topsoil, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources / S. Rossini Oliva, A. J. Fernández-Espinosa // *Microchemical Journal*. – 2007. – Vol. 86. – pp. 131–139.

121. Rühling A., Tyler G. An ecological approach to the lead problem. *Botaniska Notiser*, 1968, no. 121, pp. 321–342.

122. Sloof, J. E. Critical evaluation of some commonly used biological monitors for heavy metal air pollution / J. E. Sloof, M. de Bruin, H. Th. Wolterbeek. In: Orio A. A. (ed.), *Proceedings 3rd International Conference on Environmental Contamination, Venice, September 1988*. – Edinburgh: CEP Consultants Ltd., 1988. – pp. 296–298.

123. Smodiš, B. IAEA approaches to assessment of chemical elements in atmosphere / B. Smodiš. In: Markert B. A., Breure A. M., Zechmeister H. G. (Eds.), *Bioindicators and biomonitors*. – Oxford: Elsevier Science Ltd., 2003. – pp. 875–902.

124. Tomašević, M. Deciduous tree leaves in trace elements biomonitoring: A contribution to methodology / M. Tomašević, M. Aničić, Lj. Jovanović et al. // *Ecological Indicators*. – 2011. – № 11. – pp. 1689–1695.

125. Weiss, P. Higher plants as accumulative bioindicators / P. Weiss, I. Offenthaler, R. Ohlinger, J. Wimmer. In: Markert B. A., Breure M. A., Zechmeister G. H. (eds.) *Bioindicators and biomonitors*. – Oxford: Elsevier Science Ltd., 2003. – pp. 465–500.

Нормативно-методические документы

126. Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения: методическое указание к выполнению индивидуальных заданий

для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей / сост. О.Б. Назаренко. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.

127. Гуляева Н.Г. Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштабов 1:1000000 и 1:200000. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 72 с.

128. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

129. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

130. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимое значения напряжений прикосновения и токов.

131. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

132. ГОСТ 12.4.009-83. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

133. Дополнение к сборнику сметных норм на геологоразведочные работы, (ССН-92). Вып. 7 а. Лабораторные исследования при геолого-экологических работах. – М.: ВИЭМС, 1995. – 58 с

134. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: ГНТУ Минприроды РФ, 1992.

135. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистров всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ На/Сост. Ю.В.Бородин, В.Н.Извеков, Е.В.Ларионова, А.М.Плахов. - То Томск: Изд - воТомского политехнического универ-та, 2014. – 20 с.

136. МУК 4.1.1483-03 Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой

137. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Гигиенические нормативы 2.1.7.020-94. Госкомсанэпиднадзор России. – М., 1995.

138. Оценка ущерба окружающей среде от загрязнения токсичными металлами / А.А. Головин, И.А. Морозва, Н.Г. Гуляева и др. – М.: ИМГРЭ, 2000. – 117 с.

139. Постановление Губернатора Кемеровской области от 26.09.2012 N 54-пг "О внесении изменений в постановление Губернатора Кемеровской области от 28.01.2009 N 6-пг "Об утверждении Лесного плана Кемеровской области".

140. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпидналзор, 2003.

141. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпидналзор России, 2003.

142. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

143. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып. 2. Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1993. – 153 с.

144. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

145. Указ Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 года N 440 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».

146. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территорий различного функционального использования. Методические рекомендации. – М.: ИМГРЭ, 1996, – 88 с.

147. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

148. Федеральный закон от 28.12.2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

149. Федеральный закон от 14.03.1995 г. N 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

Интернет ресурсы

150. Администрация Таштагольского района [Электронный ресурс] - URL: http://atr.my1.ru/index/geologicheskaja_karta/0-408 (25.03.2016)

151. Кемеровская область [Электронный ресурс] - URL: http://vsegei.com/ru/info/gisatlas/sfo/kemerovskaya_obl/index.php (25.03.2016)

152. Климат Кемеровской области [Электронный ресурс] - URL: http://trasa.ru/region/kemerovskaya_clim.html (25.03.2016)

153. Почвы Кемеровской области [Электронный ресурс] - URL: <http://krai.myschool44.edu.ru/pochvy> (25.03.2016)

154. Территориальное деление Кемеровской области [Электронный ресурс] - URL: <http://www.ako.ru/Kuzbass/territ.asp?n=6> (25.03.2016)

155. Тисульский район [Электронный ресурс] - URL: <http://kemoblast.ru/tisul/> (25.03.2016)

156. Leben und Wohnen in städtischen Regionen [elektronische Ressourcen] URL: <http://www.unikassel.de/fb4/psychologie/personal/lantermann/umwelt/stadt.pdf> (2.06.2015)

157. Interdependenzen von gebauter, sozialer und natürlicher Umwelt und deren Einfluss auf die Umsetzung quartiersbezogener Umweltqualitätsziele [elektronische Ressourcen] URL: <http://www.ufz.de/index.php?de=14565> (2.06.2015)

158. Einfluss des Verkehrs und seiner Entwicklung auf die Luftqualität im Land Brandenburg [elektronische Ressourcen] URL:

http://www.mlul.brandenburg.de/media_fast/4055/verkehrsgutachten_bbg.pdf
(2.06.2015)

159. Stadtökologie [elektronische Ressourcen] URL:
http://www.landesmuseum.at/pdf_frei_remote/OEKO_2003_1_0010-0017.pdf
(2.06.2015)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Stadtökologie (Ökosystem Stadt)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Карпенко Юрий Андреевич		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Когут Светлана Валерьевна			

Inhaltsverzeichnis

Einführung	125
1 Abiotische Aspekte	126
1.1 Veränderung im Strahlungshaushalt	126
1.2 Veränderung in der Atmosphärenchemie	126
1.3 Veränderung im Wasserhaushalt	127
1.4 Stadtklima	129
1.5 Stadtböden	129
2 Lebensgemeinschaften in Städten	130
2.1 Flora	130
2.2 Fauna	133
2.3 Funktionen	134
3 Ökosystem Stadt	135
3.1 Ökosystem Großstadt: Beispiel Brüssel	137
Schlussfolgerung	138

Einführung

Zweck: Wechselbeziehungen zwischen anthropogenem und natürlichem System in Städten und Stadtregionen der sozialräumlichen Verteilung von Umweltbelastungen sowie.

Aufgaben

1. die Erforschung urbaner Lebensräume mit den Ansätzen und Methoden der ökologischen Forschung. Stadtökologie bedeutet in diesem Zusammenhang die Untersuchung von Lebensräumen und Biotoptypen, die spezifisch in Städten vorkommen, speziell der städtischen spontanen Flora bzw. Vegetation und Fauna. Der Mensch und menschliche Einflüsse kommen im Zusammenhang mit den spezifischen Standortfaktoren vor, sind aber nicht selbst Gegenstand der Forschung. Anwendungen bestehen in Bezug auf Grünplanung und -gestaltung in Städten, auf Naturerfahren und Naturerlebnis sowie auf Naturschutz städtischer Lebensräume.

2. die Erforschung von Städten als Ökosysteme, d.h. die Betrachtung ganzer Städte mit den Ansätzen und Methoden der Synökologie und Ökosystemforschung. Insbesondere, im Rahmen der Ökosystemforschung, Ermittlung der Energie- und Stoffflüsse und -bilanzen ganzer Städte. Populäres Konzept zur Veranschaulichung des Ansatzes ist ein „ökologischer Fußabdruck“ einer Stadt.

3. Im Rahmen der Stadtplanung und -entwicklung: Das Ziel einer „ökologischen“ bzw. „nachhaltigen“ Stadt, insbesondere zur Verminderung des Flächen- und Energieverbrauchs sowie die Schaffung lebenswerter Stadtquartiere. Stadtökologie in diesem Sinne ist eine angewandte Sozialwissenschaft, die ökologisch definierte Ziele anstrebt, aber mit den Methoden und Forschungsprogrammen der Ökologie (als biologischer Teildisziplin) direkt nichts zu tun hat.

4. Eine früher einflussreiche Forschungsrichtung innerhalb der Soziologie (die „Chicagoer Schule“), die ökologische Forschungsmethoden direkt auf die Erforschung soziologischer Phänomene in Städten angewendet hat („Sozialökologie“).

1 Abiotische Aspekte

Städte weisen gegenüber ihrem Umland eine Reihe von Besonderheiten in allen natürlichen Lebensbedingungen, z. B. im Klima. Diese verändern die Lebensbedingungen nicht nur für Flora und Fauna im Allgemeinen, sondern auch für die hier lebenden Menschen.

1.1 Veränderung im Strahlungshaushalt

Die Globalstrahlung ist in Städten durch erhöhte Trübung der Luft vermindert. Durch selektive Filterung der kurzen Wellenlängen (besonders stark: UV) erfolgt eine Rotverschiebung. Da durch die Trübung der Luft und Vielfachreflektionen an Gebäuden auch die Rückstrahlung verstärkt ist, ist die Wärmeeinstrahlung trotz verminderter Globalstrahlung aber erhöht. Die Baumaterialien haben im Allgemeinen eine geringere Albedo als Vegetation (Durchschnittswert ca. 0,15, damit im kurzwelligen ca. 10 % erniedrigt) und können sich dadurch bei Einstrahlung stärker aufheizen. Steine haben eine hohe Wärmekapazität, dadurch erwärmen sich Städte morgens langsamer, kühlen aber nachts nicht so stark ab. Die anthropogene Wärmeentwicklung durch Verbrennungsvorgänge kann zumindest im Winter dieselbe Größenordnung wie die Sonneneinstrahlung erreichen.

1.2 Veränderung in der Atmosphärenchemie

In Städten liegen die Belastungen durch Feinstäube um ein Vielfaches über denjenigen im Umland. Dadurch werden neben den direkten Folgen Strahlung (über die Lufttrübung) und Wasserhaushalt (über den Einfluss von Kondensationskeimen) verändert. Viele Schadstoffe wie z. B. Cadmium sind als Bestandteil der Staubbelastung in Städten deutlich erhöht, sie erhöhen (nach ihrer Deposition) die Gehalte im Oberboden. Die Gehalte an Ozon sind dagegen niedriger, weil dieses erst durch atmosphärenchemische Reaktionen fernab der Emittenten gebildet wird. Der Gehalt an Kohlenstoffdioxid ist in der Stadtluft stark erhöht.

Schadstoffbelastung der Luft. Luftverunreinigungen verringern nicht nur die Lebensqualität, sondern können - ebenso wie Lärm - gravierende gesundheitliche Schäden nach sich ziehen. Hierbei existiert zum einen die Gruppe von Luftschadstoffen, die sich durch ein besonderes Wirkungsrisiko auszeichnen, weil sie z.B. krebserzeugende oder besondere toxische Eigenschaften besitzen (z.B. Ruß, Schwermetalle, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Benzol und Dioxine). Zur anderen Gruppe gehören die mengenmäßig relevanten Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenmonoxid, Ozon und Schwebstaub. Während die Emissionen von toxischen Substanzen wenigstens in den Industrieländern vor allem durch technische Maßnahmen im Rahmen rechtlicher Verordnungen kontinuierlich verringert werden, nehmen Luftbelastungen dagegen weiter zu, die sich aus dem Verbrennen von fossilen Energieträgern zur Energiegewinnung und im Verkehr ergeben. An erster Stelle ist in diesem Zusammenhang das Ozon zu nennen. Hauptzielorgan für die Wirkungen von Ozon ist beim Menschen der Atemtrakt. Etwa 10 bis 20 % der Bevölkerung reagieren besonders empfindlich auf Ozon. Zu den Risikogruppen gehören Personen mit Freiluft-Arbeitsplätzen, Sportler, Säuglinge und Kleinkinder. Auch die anderen mengenmäßig wirksamen Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenmonoxid bewirken in erster Linie Beeinträchtigungen der Atemfunktionen und betreffen hier besonders die Risikogruppen Kinder, Schwangere, alte Menschen und Personen, die bereits gesundheitlich (z.B. durch Asthma oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen) vorbelastet sind. Insgesamt muss daher die metaphorische Aussage „Stadtluft macht frei“ in ihrer wörtlichen Bedeutung maßgeblich relativiert werden. Die Verunreinigung der Luft schränkt in städtischen Regionen - wenn nicht die Gesundheit - so doch in vielen Fällen die Lebensqualität wahrnehmbar ein.

1.3 Veränderung im Wasserhaushalt

Durch die geringe Vegetationsdeckung, deren Transpiration damit entfällt, verdunstet in Städten ein viel geringerer Teil des Niederschlags als im Umland.

Das meiste Wasser wird über die große Grundfläche der Gebäude, Straßen und andere befestigte Flächen in die Kanalisation geleitet und verstärkt damit den Oberflächenabfluss in den Gewässern, in die diese einleitet. Die Grundwasserneubildung bleibt in mäßig versiegelten Stadtquartieren zunächst beinahe unbeeinflusst, sie sinkt nur im stark verdichteten Zentrum ab. Der Grundwasserspiegel ist in Städten in der Regel aber durch den Einfluss der Kanalisation (die als Flächendrainage wirkt) abgesenkt. Obwohl wegen der geringeren Verdunstung die Luftfeuchte erniedrigt ist, kommt es wegen der Belastung mit Stäuben, die als Kondensationskeime wirken, häufiger zu Nebelbildung.

Bereits beobachtete und zukünftig zu erwartende klimatische Veränderungen haben enorme Auswirkungen auf den natürlichen Wasserkreislauf und beeinflussen in großem Maße die Quantität und Qualität regionaler Wasserressourcen.

Zukünftige Veränderungen der Wasserverfügbarkeit beeinflussen direkt Bewirtschaftungsmöglichkeiten z.B. der Land- und Forstwirtschaft, die Wasserver- und Entsorgung sowie die Infrastruktur einer Stadt oder Gemeinde und können dadurch Nutzungskonflikte auslösen.

Das Teilprojekt 3.2.2 beschäftigt sich mit der Quantifizierung von Veränderungen im Niederschlag-Abfluss-Verhalten und der Sickerwasser- sowie Grundwasserneubildung im Stadtgebiet Dresden. Da im urbanen Raum mit klimatisch begründeten Nutzungskonflikten bei der Grundwasserbewirtschaftung aufgrund verminderter Grundwasserneubildung gerechnet werden muss, ist es notwendig, dass sich die Stadtbezirke langfristig darauf einstellen. Auf Basis der berechneten Grundwassermodellierung werden Veränderungen der Grundwasserstände, insbesondere Unterschreitungen bisheriger Niedrigstwasserstände und daraus folgende Konsequenzen prognostiziert. Als zentrales Produkt wird ein Handlungsleitfaden für kommunale Planungsträger und Genehmigungsbehörden zur Beurteilung der langfristigen Genehmigungsfähigkeit

grundwasserwirtschaftlicher Vorhaben unter Berücksichtigung der prognostizierten Effekte des Klimawandels in urbanen Gebieten erarbeitet.

1.4 Stadtklima

Im komplexen Zusammenspiel dieser Faktoren kommt es u.a. zu folgenden Auswirkungen:

- Die Durchschnittstemperatur in verdichteten Städten ist gegenüber dem Umland um durchschnittlich 0,5 bis 1,5 °C erhöht (städtische Wärmeinsel). Neben der Wärmerückstrahlung ist daran der ausfallende Wärmetransport durch die verminderte Verdunstung entscheidend beteiligt. Der Effekt ist in durchgrünten Vorstädten kaum nachweisbar.
- Städte erzeugen ein kleines, lokales Tiefdruckgebiet durch die aufsteigende erwärmte Luft und das durch die hohen Gebäude nach oben abgelenkte Windfeld (Aufwinde). Dadurch regnet es in Städten mehr als im Umland, und der Himmel ist deutlich (ca. 5-10 %) stärker wolkenbedeckt.
- Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist in Städten durch die Wirkung der Gebäude gegenüber dem Freiland abgesenkt. Anders als z. B. in Wäldern kommt es aber zu verstärkten Turbulenzen. In engen Straßenschluchten mit hohen Gebäuden kann es durch Düsenwirkung unangenehm verstärkte Böen geben.

1.5 Stadtböden

Die Böden in Städten sind trotz des erhöhten Niederschlags deutlich trockener als im Umland. Neben dem meist abgesenkten Grundwasserspiegel wirkt sich das erhöhte Sättigungsdefizit durch die Erwärmung aus (warme Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen als kältere). Stadtböden bestehen durch die starken Baustofftransporte in die Städte hinein sehr häufig aus Anschüttungen ohne natürliches Bodengefüge. Die Schadstoffbelastung durch Deposition von Stäuben und Luftschadstoffen kann so hoch sein, dass in Stadtwäldern im Oberboden und Humus die Grenzwerte der Bodenschutzverordnung überschritten

werden. Stadtböden sind arm an organischer Substanz, häufig stark verdichtet und weisen meist Nährstoffinbalancen auf, d.h. die Gehalte an einigen Nährstoffen sind stark erhöht, die von anderen vermindert. Durch Beton- und Mörtelstaub ist der pH-Wert von Stadtböden meist in basische Bereiche verschoben. Lokal können Stadtböden z. B. durch Tausalz an Straßen oder durch Erdgas aus undichten Leitungen noch stärker verändert sein.

2 Lebensgemeinschaften in Städten

2.1 Flora

Für Pflanzenarten, die in Städten leben, stellen die oben genannten Veränderungen im Standort und Lokalklima selbstverständlich limitierende Faktoren dar. Allerdings sind andere Faktoren noch wichtiger. Die Flora der Städte ist charakterisierbar durch:

- Heterogenität: Städte, vor allem die Bereiche außerhalb der hochversiegelten und lebensfeindlichen Zentren, bieten auf engstem Raum eine Vielzahl unterschiedlicher Standorte. Obwohl auch natürliche und Agrarlebensräume heterogen sind, erwiesen sich urbane Habitatmosaike als vielfältiger und kleinräumiger. Städte weisen typischerweise Fragmente natürlicher Lebensräume auf, gemischt mit Gärten, Parks und Grünflächen, Säumen, Brachen und Abstandsgrün, die alle ihre charakteristische Artenausstattung aufweisen.
- Dynamik: Städtische Lebensräume sind typischerweise oft gestört und kurzlebig. Neben wiederkehrenden Störungen wie Trittbelastung sind Nutzungswechsel, vollkommene Zerstörung der Vegetationsdecke, möglicherweise gefolgt von jahrzehntelangen Ruheperioden, jederzeit möglich. Arten, die auf Habitatkontinuität und ungestörte Habitate mit langer Entwicklungszeit angewiesen sind, fehlen deshalb.
- schneller Artenwechsel: In Städten werden mit den ständigen Materialströmen ständig Samen von Pflanzenarten eingetragen. Tausende von Arten werden absichtlich in Gärten und Grünanlagen angepflanzt und kultiviert, von denen einige in freier Wildbahn überleben können, dies betrifft sowohl

eingeschleppte Arten (Neophyten), die in Städten besonders häufig sind, wie auch indigene.

Im Ergebnis ist die (spontane, wild wachsende) Flora fast aller untersuchter Städte tendenziell etwas artenreicher als diejenige ihres Umlands. Außerdem ist ihre Artenzahl umso höher, je größer die Stadt ist. Dieser Artenreichtum ist allerdings nicht gleichmäßig über die Gesamtflorea verteilt. Die Vegetation der Städte wird überwiegend aus kurzlebigen Ruderalfluren, stickstoffbedürftigen Hochstaudenfluren, verschiedenen Wiesen- und Rasengesellschaften und Gebüsch und Vorwäldern aufgebaut. Im verdichteten Zentrum finden sich am ehesten an ständiges Betreten angepasste Trittgemeinschaften sowie Ritzen- und Mauerfugenvegetation. Arten anderer Vegetationseinheiten, wie z. B. naturnaher Wälder, Sümpfe, Moore, Magerrasen finden in Städten nur selten Lebensmöglichkeiten, sie sind stadtmeydend („urbanophob“ im Sinne von Wittig).

Für einen detaillierten Vergleich sind die Ergebnisse von Chocholousková und Pysek aus Pilsen, einer mittelgroßen tschechischen Industriestadt mit ca. 170.000 Einwohnern, interessant, aus der drei zeitlich getrennte Untersuchungen (um 1900 um 1970, um 1990) vorliegen. Sie beobachteten folgendes: Die Artenzahl in der Stadt ist in dieser Zeit deutlich angestiegen (478, 595, 773 Arten). Gleichzeitig ist die Artenzahl im Umland stark gefallen (1112, 768, 745 Arten), so dass insgesamt (Stadt und Umland zusammen) die Artenzahl um gut 10 % abgefallen ist. Der Anteil der konstant nachgewiesenen Arten lag bei lediglich 57 %, wobei der Artenwechsel in der Stadt wesentlich höher lag. Der Anteil der Neophyten ist in der Stadt stark gestiegen (von 6,2 % auf 17 %), während er im Umland fast konstant blieb. Das bedeutet: Die Artenverteilung in der Stadt hat sich drastisch verändert, etwa 30-40 % der indigenen Arten wurden durch Neueinwanderer ersetzt. Durch verwildernde kultivierte Bäume und Sträucher ist die Artenzahl der Holzgewächse in der Stadt von 26 (davon 2 Neophyten) auf 117 (davon 33 Neophyten) angestiegen. Ähnliche Veränderungen sind für zahlreiche mitteleuropäische Städte anzunehmen.

Ein wichtiger Vegetationstyp in Städten sind die ausgedehnten Rasenflächen. Rasen ist kennzeichnendes Element besonders der vorstädtischen Wohnquartiere, wo öffentliche und private Rasenflächen fast immer über 10 %, manchmal sogar über 25 % der Grundfläche einnehmen können. Einzelne Rasenflächen sind meist aus 15 bis 20 Pflanzenarten aufgebaut, wobei die (eingesäten, aber auch spontanen) Gräser bei der Deckung dominieren, die Krautarten bei den Artenzahlen. Da Rasenflächen durchaus typische und kennzeichnende Pflanzenarten aufweisen, z. B. Kleine Braunelle oder Steifhaariger Löwenzahn, kann man sie als Pflanzengesellschaften nach dem pflanzensoziologischen System beschreiben. Während die Flora der Rasen derjenige von gedüngten Wiesen entspricht, ist ihre Fauna extrem artenarm. Die Pflege von Rasenflächen ist als Beschäftigung der Vorstädter aus der Mittelschicht geradezu sprichwörtlich geworden und wird als Klischee in zahlreichen Witzen eingesetzt. Die Bürger der USA wandten für die Rasenpflege im Jahr 1999 etwa 8,9 Milliarden Dollar auf. Ebenfalls in den USA untersucht, aber ohne weiteres übertragbar sind Untersuchungen zur Soziologie der Rasen. Nach Interviews assoziieren Hausbesitzer der Vorstädte mit dem Zustand des Rasens den moralischen Charakter und die soziale Zuverlässigkeit der Hausbewohner. Rasenpflege dient der sozialen Absicherung der Nachbarschaft, intensivere Rasenpfleger kannten mit höherer Wahrscheinlichkeit ihre Nachbarn beim Namen: Der Zustand des Rasens dient als öffentliche Aussage und wird als solche wahrgenommen. Die Bedeutung von Rasen und Vorgärten zur sozialen Absicherung und die tief sitzenden Normen dahinter zeigte sich auch bei einer Untersuchung in Südafrika. Eine Schattenseite dieser Funktionen ist der exzessive Verbrauch von Dünger, Pestiziden sowie (vor allem in ariden Gegenden) von Wasser zur Rasenpflege, der den Verbrauch in der Landwirtschaft übersteigen kann.

2.2 Fauna

Obwohl in einigen besser untersuchten Städten durchaus mehrere Tausend Tierarten gefunden werden konnten, sind städtische Lebensräume beinahe immer deutlich artenärmer als vergleichbare im Umland. Dies gilt für beinahe alle untersuchten Tiergruppen, von Insekten und bodenlebenden Kleintieren bis hin zu Vögeln und Säugetieren. Eine ganze Reihe von Arten haben sich an städtische Bedingungen anpassen können und sind hier sehr häufig, so dass z. B. die Gesamtsiedlungsdichte der Brutvögel (bei geringerer Artenzahl) in Städten sogar höher liegen kann. Die Fauna größerer Grünflächen, z. B. Parks mit altem Baumbestand oder Friedhöfe, kann dabei der Fauna des Umlands recht ähnlich sein und bietet etlichen eigentlich stadtmeidenden Arten ein Refugium. Bei manchen Untersuchungen erwies sich bei den gut untersuchten Brutvögeln die Stadtrandzone als artenreicher als das Umland oder das Zentrum; auch in diesen Fällen fiel die Zahl der spezialisierten Arten vom Umland zum Zentrum hin ab. Durch eine hinzukommende Artengruppe, die von Störungen profitiert, kann aber die Gesamt-Artenzahl zunächst ansteigen.

Besonders auffallend ist eine relativ kleine Gruppe von Arten, die sich gut an die städtischen Bedingungen anpassen konnte und hier teilweise wesentlich häufiger ist als im Umland. Dies betrifft z. B. die Säugetiere Kaninchen, Eichhörnchen, Fuchs und Steinmarder und die Vogelarten Amsel, Türkentaube und Haussperling. Seltener als bei der Flora, gehen auch einige wild lebende Tierarten auf verwilderte Gefangenschaftsflüchtlinge zurück. Häufigste dieser Arten ist die Stadttaube, vor allem in Parkanlagen kommen weitere Arten wie Mandarinente, Kanadagans, Nilgans oder Halsbandsittich hinzu. Im Stadtzentrum leben beinahe nur gebäudebrütende Arten, für die Häuser als eine Art künstliche Brutfelsen dienen können. Neben Spatzen und Stadttauben gehören dazu z. B. Mauersegler, seit einigen Jahrzehnten aber auch der Wanderfalke.

Eine besondere Gruppe von Tierarten konnte sogar menschliche Gebäude als Lebensraum erobern, man spricht von „synanthropen“ Arten.

Neben Hausmäusen, Hausspitzmäusen und Wanderratten zählen zahlreiche Material- und Vorratsschädlinge dazu, aber auch harmlose Arten wie z. B. die Zitterspinnen. Diese Arten treten allerdings überall auf, wo Menschen leben, sind also in Städten nicht häufiger.

2.3 Funktionen

Natur in den Städten besitzt neben ihres eigenständigen Werts auch Funktionen für die hier lebenden Menschen, man spricht von „Ökosystem-Dienstleistungen“. Wichtig ist vor allem die Funktion der Pflanzen, insbesondere von Bäumen. Für diese Bedeutung sind spontan aufgewachsene und angepflanzte Pflanzen im Prinzip gleichwertig. Als wichtige Funktionen werden aufgeführt.

- Veränderung des Mikroklimas: vor allem Minderung von Hitze, Dämpfung von Wind,
- Filterung von Aerosolen und Staub,
- Schalldämmung,
- Wirkung auf Erholung und Wohlbefinden.

Die Wirkung von Parks, Wäldern und baumbestanden Flächen hängt dabei von ihrer Ausdehnung ab. Einzelbäume und kleine Grünflächen verbessern die Situation örtlich. Ausgedehnte waldähnliche Bestände können darüber hinaus das Lokalklima auch in angrenzenden Quartieren beeinflussen.

Grundlagen Stadtklima

Nach World Meteorological Organization (WMO / 1981) ist das Stadtklima das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich Abwärme und Emission von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima. Oder anders ausgedrückt erklären Hupfer & Kuttler (2006) das Stadtklima als einen städtischen Siedlungsraum, der im Vergleich zu seiner nicht bebauten Umgebung klimatische und lufthygienische Veränderungen verursacht. Es handelt sich dabei um eine anthropogene (= vom Menschen verursachte) Klimamodifikation.

Vor allem Einflussfaktoren wie die Bebauungsdichte innerhalb einer Stadt, fehlende Durchgrünung, sowie das Freisetzen von Abgasen oder Abwärme können unter anderem zu vermehrten Anreicherungen von Schadstoffen in der Luft, veränderten Niederschlagsverhältnissen oder auch höheren (Durchschnitts-)Temperaturen in den kleinräumigen Bereichen einer Stadt, also einem veränderten Stadtklima führen. Durch diese veränderten Konstellationen können gegebenenfalls gesundheitliche Beeinträchtigungen resultieren. Der Einfluss von Auswirkungen des Klimas (sowie des Wetters) auf biologische Systeme (Organismen), insbesondere den Menschen, wird daher speziell in der Bioklimatologie (auch Biometeorologie) untersucht und das vorherrschende Klima als Bioklima bezeichnet.

Da die verschiedenen Bodenoberflächen (Wasser, Rasen, Asphalt, Beton etc.) innerhalb einer Stadt sich unterschiedlich stark erwärmen, ist unter anderem die Lufttemperatur ein bezeichnender Faktor für das jeweilige Stadtklima. Die entstehenden Temperaturdifferenzen zwischen benachbarten Flächen führen beispielsweise zu lokalen Luftausgleichsbewegungen.

3 Ökosystem Stadt

Auch Städte sind Ökosysteme. Ein besonderes Charakteristikum urbaner Räume ist die enge Verkoppelung natürlicher und anthropogener Faktoren, z.B. Boden, Wasser, Luft einerseits und Wohnungssiedlungen, Verkehrseinrichtungen, Industrieanlagen andererseits. Aus der Vernetzung und Verknüpfung der Faktoren zu übergeordneten Systemen ergibt sich die außerordentliche Komplexität des „Ökosystems Stadt“. Mit der Stadt hat der Mensch ein Ökosystem geschaffen, das nicht nur am weitesten von den natürlichen Ökosystemen entfernt ist, sondern das auch höhere Belastung aufweist, und in dem die Energie- und Stoffflüsse sich nicht mehr im Gleichgewicht befinden.

„Das Ökosystem Stadt als ‚Prototyp‘ eines urbanindustriellen Ökosystems ist geprägt durch die Funktion und den Einfluss der Menschen. Mit steigender Zahl und Zivilisationstufe haben sie sich im urbanen Bereich Systeme geschaffen, in

denen ganz im Gegensatz zu den naturnahen Verhältnissen die Nahrungspyramide fast auf dem Kopf steht. Die Gruppe der Produzenten ist gegenüber der Gruppe der Konsumenten (Menschen) verschwindend gering. Große Städte und Ballungsgebiete sind dementsprechend riesige Konsumentenexklaven, die räumlich von den sie versorgenden Produzenten und entsorgenden Destruenten z.T. weit entfernt sind. Funktionieren naturnahe Ökosysteme durch das System von rückgekoppelten sich selbst regulierenden Stoffkreisläufen und Energiekaskaden äußerst ökonomisch, können städtische Ökosysteme nur im Verbund mit produzierenden Teilsystemen (landwirtschaftlich-forstliche Teilsysteme) und durch ständige Zufuhr zusätzlicher Energie existieren und aufrechterhalten werden.“

Alle Geofaktoren – Klima, Relief, Boden, Vegetation und Wasserhaushalt – erfahren im Ökosystem Stadt grundlegende Veränderungen durch den Menschen. Jede Siedlung hat durch Gebäude und Grünanlagen ein ausgebildetes Relief mit steilen Erhebungen und dazwischen verlaufenden Senken. Man kann die bauliche Substanz mit vegetationslosem Felsgestein vergleichen. Eingelagert finden sich Vegetationsinseln, die von wenigen Quadratzentimeter großen Blumenkübeln bis zu Quadratkilometer großen Parkanlagen reichen. Boden hat in Siedlungen im Allgemeinen nur noch eine Funktion als Baugrund. Dabei wird die vorhandene oberste Bodenschicht manchmal bis zum Ausgangsgestein abgetragen und mit künstlichen oder natürlichen Fremdmaterialien wie Kies oder Beton bedeckt. Damit werden alle wesentlichen Aktivitäten der Bodenlebewesen weitgehend eingeschränkt.

Folgende Faktoren tragen wesentlich zu diesen Veränderungen des natürlichen Ökosystems bei:

- Versiegelung von Freiflächen durch Überbauung,
- Beseitigung der natürlichen Vegetation,
- Emissionen von Feuerungsanlagen, Industrie und Verkehr,
- Abwärme von Kraftwerken, Heizungen und aus Industrieprozessen,
- unzureichende Stadtplanungsmaßnahmen, z.B. fehlende Ausweisung bzw.

Verbauung von Frischluftschneisen.

3.1 Ökosystem Großstadt: Beispiel Brüssel

Die quantitative Analyse der Stoff- und Energieflüsse in urbanen Ökosystemen gehört zu den komplexesten Aufgaben der Geoökologie. Sie wurde daher bislang auch nur für sehr wenige Fallbeispiele durchgeführt. Das Ergebnis für Brüssel gibt M4 wieder. In der Abbildung sind zur Vereinfachung drei Teilaspekte getrennt voneinander dargestellt:

- a) die Stoffflüsse,
- b) die Energiebilanz und
- c) die Wasserbilanz.

Was erreichen Sie durch die Bearbeitung des Fallbeispiels Brüssel? Es wird Ihnen möglich, die ökologische Bedeutung von Städten einzuschätzen (siehe dazu auch S. 293 „Stadtökologie“). Die Berechnung von übertragbaren Angaben (z. B. Energie- und Wasserverbrauch pro Einwohner) ermöglicht Vergleiche mit anderen urbanen Ökosystemen. Die Auswertung der Daten gibt Hinweise für die Optimierung von städtebaulichen Planungen, deren Realisierung Sie in Ihrer eigenen Stadt überprüfen können. Sie können einzelne Aspekte/Fragestellungen auf Ihre eigene Stadt übertragen und u. U. in Ansätzen selbst quantitativ bearbeiten. Sie üben den Umgang mit quantitativen Angaben, wie er in vielen Bereichen der Geographie notwendig ist.

Schlussfolgerung

Stadtökologie w, Urbanökologie, urbane Ökologie, allgemein die Wissenschaft, die sich mit dem vom Menschen geschaffenen, organisierten und geregelten Ökosystem Stadt (Stadtökosystem; z.B. Häuser, Straßen, Parks, Müllhalden usw.) befaßt; i.e.S. Erfassung der Wechselbeziehungen von Organismen, Populationen und Biozönosen mit der Umwelt in den vom Menschen errichteten unnatürlichen Lebensbedingungen der Städte oder Ballungsgebiete. Auch der Mensch, in seinem Wohnumfeld als Empfänger, aber auch Verursacher von Umwelt schädigenden Einflüssen, ist Forschungsgegenstand der Stadtökologie. Das Klima der Stadt stellt das eindrucksvollste Beispiel einer anthropogenen Klimaänderung dar mit sowohl positiven wie auch negativen Auswirkungen auf Pflanzen, Pilze, Tiere und Menschen (z.B. geringerer Wärmeentzug im Winter, aber erhöhte Wärmebelastung im Sommer sowie generell geringere Durchlüftung bei erhöhter Emission von Luft-Schadstoffen; Luftverschmutzung, Medizinmeteorologie, Ozon, Smog, Treibhauseffekt). Die Durchschnitts-Temperaturen sind in den Städten höher, Sonnenstrahlung (insbesondere Ultraviolett; Strahlungsbilanz) und Windgeschwindigkeit geringer, Bewölkung, Niederschlag und Nebel häufiger. Durch Präadaptation und genetische Anpassung besitzt eine Vielzahl der Organismen eine erhöhte Resistenz gegenüber Umweltverschmutzung (Umweltbelastung) und diverse, vom Menschen verursachte Störfaktoren, wie z.B. Lärm und Licht. I.w.S. schließt Stadtökologie auch die psychologischen, kulturellen und sozialen Implikationen des Stadtlebens ein (Sozialökologie), d.h. Fragen der Stadtplanung, Kommunikationsforschung, Slum-Problematik usw. Allee's Prinzip, Evolutionsmedizin, Flechtenwüste, Grüngürtel, Grünordnung, Humanethologie, Humanökologie, Industriemelanismus, kulturelle Evolution, kulturgebundenen Syndrom, Massengesellschaft, Ökologie, Stadtethologie, Urbanisierung.