

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

---

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

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Биогеохимические особенности эпифитных мхов рекреационных зон г. Томска и его окрестностей</b>

УДК: 582.32.550.47(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМб1	Боженко Наталья Петровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Межибор Антонина Михайловна	кандидат геолого-минералогических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Абраменко Никита Сергеевич			

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения геологии	Барановская Наталья Владимировна	доктор биологических наук		

Томск – 2018 г.

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

---

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»  
Уровень образования магистратура  
Отделение геологии  
Период выполнения (весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>
---

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2018	<i>Литературный обзор</i>	10
30.03.2018	<i>Характеристика объекта и территории размещения объекта исследований</i>	10
15.04.2018	<i>Характеристика методов исследования</i>	10
30.04.2018	<i>Результаты исследования, комплексная эколого-геохимическая оценка</i>	10
15.05.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
15.05.2018	<i>Социальная ответственность при проведении исследований</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент отделения геологии	Межибор Антонина Михайловна	канд. геолого-минералогических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Барановская Н.В.  
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна

Тема работы:

Биогеохимические особенности эпифитных мхов рекреационных зон г. Томска и его окрестностей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.03.2018, №1980/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Литературные материалы, результаты собственных исследований (пробы различных видов мхов, отобранные на территории Томского района), данные аналитических исследований эпифитных мхов из рекреационных зон Томского района Томской области.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природно-географическая характеристика района исследования</li> <li>2. Геоэкологическая характеристика района исследования</li> <li>3. Обзор литературы по уровням накопления химических элементов эпифитными мхами</li> <li>4. Методика и организация работ</li> <li>5. Оценка содержания химических элементов в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>7. Социальная ответственность</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b>	Результаты ранее проведенных исследований, карта-схема опробования на территории Томского района, диаграммы уровней содержания химических элементов в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Абраменко Никита Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Макашева Юлия Сергеевна
Раздел на иностранном языке	Щеголихина Юлия Викторовна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Moos wie Bioindikator der Umweltverschmutzung	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Межибор Антонина Михайловна	кандидат геолого- минералогических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭПИФИТНЫХ МХАХ  
ТОМСКОГО РАЙОНА»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна

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

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Отбор проб осуществлялся на территории г. Томска и Томского района.</p> <p>Работы проводятся в два этапа: лабораторный (подготовка проб для дальнейшего анализа) и камеральный (анализ и систематизация данных лабораторно-аналитических исследований).</p> <p>В ходе настоящих исследований изучаются свойства эпифитных мхов, их аккумулятивные способности и возможности использования их в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды.</p>
---	--

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>• действие фактора на организм человека;</li> <li>• приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>• предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>• термические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul>	<p>В данном разделе приводится описание всех опасных и вредных факторов, возникающих при лабораторных и камеральных работах. Вредные факторы: отклонение параметров микро-климата в помещении; повышенная запыленность и загазованность помещений; недостаточная освещенность рабочей зоны; повреждение химическими реактивами, стеклянной посудой; превышение уровня шума.</p> <p>Опасные факторы: электрический ток. Также описываются меры по их возможному предотвращению, а в случае возникновения – ликвидация последствий.</p>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</li> </ul>	
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• защита селитебной зоны;</li> <li>• анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>• анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>• анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>• разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	В данном разделе описывается анализ воздействия проводимых работ на окружающую среду.
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	В данном разделе описывается безопасность при возникновении пожаров при отборе проб на открытой местности.
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>• организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>В данном разделе описываются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>• организационные мероприятия по улучшению условий труда;</li> <li>• конституция Российской Федерации;</li> <li>• ГОСТы;</li> <li>• федеральные законы РФ</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Уч.степень/ звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКБ	Абраменко Никита Сергеевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна

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

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</li> <li>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</li> <li>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературные источники;</li> <li>2. Методические указания по разработке раздела;</li> <li>3. Сборник сметных норм на геолого-экологические работы.</li> </ol>
---	---

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет работ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>2. Расчёт затрат времени и труда по видам работ</li> <li>3. Нормы расхода материалов</li> <li>4. Общий расчёт сметной стоимости</li> </ol>
--	---

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа магистра состоит из введения 7 глав, заключения и приложения. Список литературы содержит 125 наименований. Объем работы 109 страниц машинописного текста, включая 18 рисунков и 16 таблиц.

Ключевые слова: эпифитный (древесный) мох, биоиндикация, биомониторинг, геохимическая характеристика мха, концентрация химических элементов, рекреационные зоны, Томский район.

Объектом исследования являются эпифитные мхи, произрастающие на коре деревьев в рекреационных зонах Томского района Томской области.

Цель работы – оценка эколого-геохимического состояния рекреационных зон Томского района по результатам изучения эпифитных мхов.

В процессе исследования проводился литературный обзор по теме, отбор проб эпифитных мхов в районах исследования, проводилось определение химического состава проб путем лабораторных исследований, также проводилась обработка и анализ полученных данных.

В результате был изучен геохимический состав эпифитных мхов, проведен экологический анализ территории исследования, по результатам сделаны выводы.

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

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



## Содержание

Введение .....	11
Глава 1. Эпифитные мхи как биоиндикаторы экологического состояния территорий.....	14
1.1 Общая характеристика эпифитных мхов .....	14
1.2 Биоиндикационные свойства эпифитных мхов .....	15
Глава 2. Общая характеристика района исследования .....	21
2.1 Экономико-географическое положение района исследования.....	21
2.2 Природные условия района исследования.....	22
Глава 3. Геоэкологическая характеристика района исследования .....	25
3.1 Геоэкологические проблемы территории .....	25
3.2 Оценка качества атмосферного воздуха .....	30
3.3 Оценка качества водных ресурсов .....	33
3.4 Оценка качества почвенного покрова .....	35
3.5 Радиационная обстановка .....	36
Глава 4. Методы исследований .....	38
4.1 Отбор и подготовка проб .....	38
4.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ .....	40
4.3 Математическая обработка результатов .....	42
Глава 5. Особенности накопления химических элементов в эпифитных мхах г. Томска и окрестностей.....	44
Глава 6. Социальная ответственность при исследовании концентраций химических элементов в эпифитных мхах Томского района .....	63
6.1. Производственная безопасность .....	64
6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	64
6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	67
6.2. Экологическая безопасность .....	70
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	70

6.4. Правовые и организационные решения обеспечения безопасности.....	71
Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	72
7.1. Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема работ.....	72
7.2. Расчет затрат времени и труда по видам работ .....	74
7.3. Нормы расхода материала .....	76
7.4. Расчет затрат на подрядные работы .....	77
7.5. Расчет амортизационных отчислений.....	77
7.6. Общий расчет сметной стоимости .....	78
Заключение .....	80
Список использованной литературы.....	82
Приложение I.....	97

## Введение

Роль биоиндикации в современных исследованиях загрязнения окружающей среды заметно возрастает. Мхи, растущие на стволах и ветвях деревьев (эпифитные мхи) представляют собой большой интерес в биоиндикации химического состава атмосферных выпадений. Биоиндикация в данном случае основана на изучении изменений эпифитного мохового покрова (биоразнообразие, морфология и жизнеспособность мхов и др.) в связи с составом атмосферного воздуха и свойствами субстрата.

Территория Томского района Томской области характеризуется напряженной экологической обстановкой, ввиду своих территориальных особенностей (вблизи областного и наиболее крупного центра) и наличие на его территории довольно крупных промышленных объектов.

Кроме того, на территории района располагается множество детских летне-оздоровительных лагерей, баз отдыха, курортно-санаторных баз и других рекреационных зон, на которые, несомненно, оказывается антропогенное воздействие промышленных объектов г. Томска и Томского района.

Примечательно, что биогеохимические исследования на территориях рекреационных зон Томского района не проводились, и ввиду отсутствия таких данных необходимо проведение биогеохимических исследований с помощью эпифитных (древесных) мхов.

Объектом наблюдений и исследований являются эпифитные мхи, произрастающие на коре деревьев на территориях рекреационных зон Томского района Томской области.

Предметом наблюдений являются концентрации различных химических элементов в эпифитных (древесных) мхах.

**Актуальность работы** обусловлена необходимостью получения данных по содержаниям химических элементов в эпифитных мхах для более достоверной оценки эколого-геохимического состояния атмосферного воздуха рекреационных зон г. Томска и его окрестностей.

**Цель работы** – оценить эколого-геохимическое состояние рекреационных зон Томского района по результатам изучения эпифитных (древесных) мхов.

**Задачи работы:**

1. проведение обзора литературы по биогеохимическим исследованиям с помощью эпифитных мхов;
2. проведение опробования мохового покрова на территориях рекреационных зон Томского района, выполнение их пробподготовки;
3. определение химического состава отобранных проб эпифитных мхов и выявление геохимических особенностей в сравнении с фоновыми и литературными данными;
4. провести характеристику эколого-геохимической обстановки рекреационных зон Томского района по данным биогеохимических исследований с помощью эпифитных мхов.

Фактический материал и методы исследований. В основу магистерской диссертации положены результаты исследований, выполненные лично автором в период с 2015 по 2018 гг. на базе лабораторных и учебных помещений кафедры ГЭГХ ТПУ, научно-аналитического центра (НАЦ) ТПУ и исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ.

Работа основана на результатах анализа 13 проб эпифитного (древесного) мха, отобранных в рекреационных зонах Томского района Томской области, в том числе 3 пробы эпифитного мха на условно фоновой территории (оз. Песчаное, с. Тимирязевское), расположенной в 5 км от г. Томска.

Определение уровней содержания элементов-примесей производилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИННА) в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ТПУ) на базе исследовательского

ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

Личный вклад автора заключается в самостоятельном отборе и подготовке к аналитическим исследованиям проб эпифитных мхов и статистической обработке полученных результатов.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались на XIX, XXI, XXII Международных симпозиумах им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2015-2018), на VIII Всероссийской научной студенческой конференции имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных - шаг в будущее» (Томск, 2015), на Международной научно-практической конференции «Экологические чтения – 2017» (Омск, 2017).

**Благодарности:** автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, доценту, кандидату геолого-минералогических наук Межибор Антонине Михайловне.

Автор признателен исполнителю аналитических исследований: А.Ф. Судыко.

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

# Глава 1. Эпифитные мхи как биоиндикаторы экологического состояния территорий

## 1.1 Общая характеристика эпифитных мхов

Мохообразные растения являются неотъемлемой частью фитоценозов. Особый интерес в экологических исследованиях представляют мхи, растущие на коре деревьев. Мхи – это многолетние растения, размножающиеся спорами. Они небольшие по размерам, достигают до 20 см в длину [5].

Мохообразные распространены практически повсеместно. Их можно встретить на всей территории нашей планеты. Ареалы их обитания весьма широки. Диапазон их произрастания обширен и разнообразен, и включает в себя как территории Антарктики и Арктики, так и глубины морей и вершины гор. На планете Земля практически отсутствуют места, где мохообразных вовсе нет. Роль их в природе велика, в одних случаях они служат растительным покровом, в других – участвуют в формировании определенных биотопов, но и в тех и других случаях они были и остаются неотъемлемой частью растительного мира всех регионов планеты [5].

Среди мохообразных широко распространена эпифитность, где мхи в качестве субстрата используют другие растения, чаще всего деревья, так называемые «деревья-хозяева». Данный термин был введен В.Л. Кальберсоном для описания деревьев, на которых обитают эпифиты [75].

Эпифитные мхи используют деревья-хозяева только как место прикрепления, но они не паразиты и не питаются за счет другого растения, следовательно, на них не сказывается воздействие загрязнения, аккумулированного в почве. Кроме того, эпифитный мох питается гумусом, который накапливается в трещинах коры дерева, а также влагой, которая во время дождя стекает по стволу дерева [5].

В условиях урбанизированных территорий некоторые виды эпифитных мхов вынуждены поселяться на субстратах, которые не существуют в естественных природных условиях: кровле крыш, кирпиче и цементе

городских зданий. Также они активно заселяют трещины в фундаментах зданий, заборы и промежутки между тротуарными плитками [1, 7].

Эпифиты из-за своего особого строения и ареала произрастания являются оптимальными биоиндикаторами широко спектра загрязнителей. Также данный вид способен накапливать в себе тяжелые металлы и редкоземельные элементы. Это способность является оптимальной для исследований территории с длительным техногенным загрязнением атмосферы конкретными источниками [40].

### *1.2 Биоиндикационные свойства эпифитных мхов*

Биомониторинг загрязнения атмосферного воздуха с использованием мхов является в последнее десятилетие одним из самых перспективных и эффективных, популярных, простых в исполнении и менее затратных методов и оценки изменений и контроля качества воздуха [3].

В России первые сведения об аккумуляции химических элементов мхами встречаются у Л.В. Бардунова [5], который пишет о том, что из-за отсутствия покровных тканей, мхи впитывают попавшую влагу дождя, росы или тумана всей поверхностью своего тела. Эта влага содержит ионы тех или иных элементов, а также мелкие твердые частицы металлов и минералов, которые неизбежно оказываются в теле мха.

В Европе первые упоминания о мхах, как об аккумуляторах тяжелых металлов из атмосферного воздуха встречаются в исследованиях состояния окружающей среды Германии А. Рёлинга и Г. Тайлера, еще в конце 1960-х годов [86]. В данных исследованиях также были описаны преимущества использования мхов при мониторинге окружающей среды в качестве биоаккумуляторов загрязнений атмосферного воздуха, т.к. использование газоанализаторов и исследования на стационарных постах для решения задач мониторинга атмосферы не всегда рациональны. А мхи не требуют дорогостоящего оборудования для проботбора и просты в подготовке к аналитическим исследованиям.

Как и все живые существа, мхи очень чувствительны к изменению газового состава атмосферного воздуха. При больших концентрациях в атмосферном воздухе углекислого газа, фтористых соединений, углекислого газа и ионов тяжелых металлов мхи нередко погибают. Будучи чувствительными к нарушениям газового состава, мохообразные быстро вымирают при высоких содержаниях в атмосфере сернистого газа, углекислого газа, ионов тяжелых металлов, фтористых соединений. Самым чувствительным к перемене газового состава воздуха является эпифитный мох.

Ввиду некоторых морфологических особенностей эпифитных мхов, они способны накапливать и удерживать в своем теле ионы различных элементов. Как известно, у мохообразных отсутствуют покровные ткани, и питание они получают напрямую из атмосферных выпадений, будь то просто воздух, влага от дождя, тумана или росы с субстрата. И если в воздухе или влаге, которыми питается мох, присутствуют ионы различных элементов, в том числе и металлов, то мох впитывает их в себя.

Поглощение элементов эпифитными мхами осуществляется всем телом и удерживается на протяжении всей их жизнедеятельности. Но стоит отметить, что различные виды мхов проявляют различные уровни накоплений элементов. Но тем не менее, бриофиты имеют существенные преимущества в биоиндикационной способности, нежели другие высшие растения, т.к. мхи способны накапливать в себе больший процент примесей по отношению к объему своего тела.

В рамках масштабных исследований, при отборе одного и того же вида мха, на одной и той же территории, но в разные периоды времени, можно получить динамику изменений уровня загрязнения атмосферного воздуха. В европейских странах уже давно применяется такой биоиндикационный метод. К примеру, в Швеции за последние 100 лет возросло содержание свинца в атмосферном воздухе в 4 раза [88]. А в Канаде, близ Монреаля, концентрации цинка с начала XX века увеличилось в 5 раз [92].



Накапливая в себе различные элементы, мохообразные не только показывают степень загрязненности атмосферы. Они служат также великолепными индикаторами наличия или отсутствия их в субстрате. Это открывает широкие возможности использования их в биогеохимических исследованиях.

Советским геологом Лапаевым Г.П. во второй половине 20-го столетия был разработан метод использования водных мхов для поисков полезных ископаемых, и назвал он этот метод бриогеохимическим [5]. Данный метод основан на способности организмов отражать в химическом составе, в видовых ассоциациях и в морфологии организмов особенности среды обитания.

Существуют также запатентованные методики бриогеохимических методов поиска месторождений полезных ископаемых. К примеру, существует патент на изобретение Чипизубова В.В., Баландина А.В. [22], суть которого заключается в исследовании проб водных мхов для разведки месторождений нефти и газа. Схожий по методу отбора проб патент на изобретение Загоскина С.В., но в данном патенте разработана методика поиска золоторудных месторождений [45, 46].

Роль биоиндикации в современных исследованиях загрязнения окружающей среды заметно возрастает. В настоящее время древесные мхи активно используются при мониторинге окружающей среды.

В Европе самым эффективным видом мха для исследований состояния окружающей среды является мох рода *Pleurozium schreberi*. Данные выводы подтверждаются многолетними исследованиями Winfried Schröder и Roland Pesch, в период с 1990 по 2009 года. По их результатам, мох рода *Pleurozium schreberi* является самым оптимальным видом мхов для биомониторинговых исследований, т.к. данный вид обладает высокой скоростью накопления и лучшей способностью к аккумуляции тяжелых металлов из атмосферного воздуха [93].

К настоящему времени опубликовано множество информации, в которой подтверждается высокая аккумуляционная способность мхов по отношению к тяжелым металлам [25, 35, 44, 50, 67, 83, 85]. Кроме того, в область биомониторинговых исследований введена некая техника «moss technique» или «моховая техника», которая состоит в оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха по их концентрации в моховом покрове исследуемой территории [85]. В конце XX века, в рамках исследований в Самарской области, была установлена корреляционная зависимость между содержанием тяжелых металлов в окружающей среде и фитомассе мхов. В исследуемых мхах тяжелые металлы аккумулируются в больших концентрациях, нежели в цветковых растениях [44].

В ходе многолетних исследований [8], направленных на изучение металлоаккумуляционных свойств мхами, была подтверждена возможность использования некоторых видов (*B. Capillare* Hedw., *Bryum caespicum* Hedw., *Bartramia pomiformis* Hedw.) в экологических мониторингах как природной среды в целом, так и урбанизированных территорий.

Также эпифитные мхи способны аккумулировать нефтепродукты, стойкие органические соединения и радионуклиды [28, 37, 50, 52, 55]. Разные виды мхов отличаются по способности накапливать химические элементы. Мхи различаются в своем строении, что и обуславливает различную степень захвата химических элементов.

Мхи *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens* Прибайкалья послужили объектами исследования на возможность их использования в качестве биомониторинга. Проведенные исследования показали, что данные виды мхов оптимально подходят для биоиндикации и биомониторинга и способны накапливать в себе широкий спектр элементов, таких как, тяжелые металлы всех классов опасности, а также редкоземельные металлы [31].

Также проводились масштабные исследования, в частности, мониторинг атмосферных выпадений тяжелых металлов с применением покрово-образующих мхов в Калининградской области с 1994 года.

Проведенные исследования показали, что географические и климатические условия произрастания мхов значительно сказываются на уровне накопления мхами тяжелых металлов. И также подтверждается отличительная способность эпифитных мхов накапливать и удерживать в течение долгого времени большинство химических элементов [27].

По данным мониторинга содержания кадмия в лесных экосистемах Приволжской возвышенности, проведенного в 2015 году, выявлено, что мхи способны аккумулировать высокотоксичные элементы, пары которых могут быть ядовиты для человеческого организма. Поэтому организмы рассматриваемых групп мхов рекомендуется использовать в биомониторинге, как индикаторов загрязнения воздуха [23, 24].

В период с 2005 по 2006 гг. проводились исследования [13], цель которых заключалась в исследовании возможности использования некоторых видов эпифитных и гидрофитных мхов в мониторинге тяжелых металлов на территориях водосборов малых и средних рек севера Европейской России. Результаты которых показали, что эпифитный мох *Pylaisia polyantha* (пилезия) характеризуется накоплением таких поллютантов, как Cu, Zn, Se и Pb и может успешно использоваться в мониторинге тяжелых металлов, что также подтверждается иностранными исследованиями этого же вида мха [74, 78, 79, 82, 87, 91].

Некоторые отдельные виды эпифитных мхов (*Amblystegium serpens* (Hedw.) G. Roth B.S.G., *Orthotrichum speciosum* Nees. in Sturm., *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) B.S.G.) также находят применение в биомониторинговых исследованиях загрязнения урбанизированных территорий тяжелыми металлами. Такие исследования [2] проводились на территориях крупных городов Брянска и Орла, в условиях промышленного, транспортного и рекреационного воздействия на биосистемы. Данные исследования показали успешность применения эпифитных мхов в изучении уровня загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий.

Во многих работах [6, 10, 19, 26, 52, 53] также отмечается, что эпифитный мох *Pylaisia polyantha* характеризует себя как самый оптимальный вид мха для мониторинга состояния урбанизированных территорий. Т.к. данный вид чаще всего встречается на городских деревьях, что делает возможным исследование уровня загрязнения атмосферного воздуха городских территорий.

Эпифитные мхи также чувствительно реагируют на изменение радиационного фона окружающей среды. В некоторых исследованиях [38, 39] было показано, что мхи являются индикаторами радиоактивного загрязнения, ввиду своих морфологических особенностей, которые увеличивают эффективность концентрации в них радионуклидов. В результате, удельная активность некоторых радионуклидов во мхах на порядок выше, чем в травянистых видах-аккумуляторах.

Кроме того, мхи способны показать пространственное распределение радионуклидов на обширных территориях постчернобыльского пространства, что и подтверждается многими исследованиями [9, 36, 80].

В ходе многолетних исследований [64], проведенных в природных зонах чернобыльского влияния, было выявлено, что наибольшие биоиндикационные свойства мхов проявляются по отношению к  $^{137}\text{Cs}$ , другой радионуклид –  $^{90}\text{Sr}$ , также аккумулируется мхами, но уже в меньшей степени, что отмечается и в других исследованиях [39, 39].

В результате некоторых исследований [62, 63] было определено, что наиболее высоким уровнем аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$ , по отношению к различным видам мхов, характеризуется мох плеурозий Шребера (*Pleurozium schreberi* (Brid.)).

## Глава 2. Общая характеристика района исследования

### 2.1 Экономико-географическое положение района исследования

Томская область располагается на юго-восточной части Западно-Сибирской равнины и граничит с Тюменской, Омской, Кемеровской и Новосибирской областями, а также с Красноярским краем и Ханты-Мансийским автономным округом [47]. Томская область является одной из крупнейших областей Российской Федерации, её площадь 316,9 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 1,8% территории РФ. Административно-территориальное деление территории Томской области представлено 16 районами (рис. 1) [15].



Рисунок 1 – Административно-территориальное устройство Томской области [123]

Районы Томской области (1 – 16): 1 – Александровский, 2 – Асиновский, 3 – Бакчарский, 4 – Верхнекетский, 5 – Зырянский, 6 – Каргасокский, 7 – Кожевниковский, 8 – Колпашевский, 9 – Кривошеинский, 10 – Молчановский, 11 – Парабельский, 12 – Первомайский, 13 – Тегульдетский, 14 – Томский, 15 – Чаинский, 16 – Шегарский.

Томский район располагается в юго-восточной части Томской области. Площадь Томского района составляет 10064,2 км<sup>2</sup>, также он является самым густонаселенным муниципальным образованием Томской области. Численность населения Томского района, без учета г. Томска и г. Северска, составляет 75067 человек, что составляет 6,96 % от общего населения Томской области. Общая численность Томской агломерации, по состоянию на январь 2018 года, составляет 783741 человек, это порядка 72,71 % от общей численности населения Томской области [126].

## 2.2 Природные условия района исследования

*Геологическое строение.* В геологическом отношении территория Томской области располагается на юго-восточной части Западно-Сибирской плиты, геологическое строение которой представлено фундаментом и рыхлым мезозойско-кайнозойским чехлом. В более узком отношении, территория непосредственно города Томска располагается на сочленении двух структур: герцинид Колывань-Томской складчатой зоны и эпигерцинской Западно-Сибирской плиты (рис. 2) [15].



Рисунок 2 – Геологическая карта Колывань-Томской складчатой зоны и прилегающих территорий (□ – Томский район) [12]

*Рельеф* непосредственно г. Томска и Томского района имеет двойственный характер. Одна часть города, преимущественно левобережье р. Томи, представлено плоской, слабо расчлененной озерно-аккумулятивной равниной, в южном направлении которой наблюдается относительно неглубокое залегание пород фундамента, а в северном направлении происходит их резкое погружение. Другая часть города, правобережье р. Томи, располагается на наклонной древней озерно-аллювиальной равнине с сильным расчленением [15].

*Климат* района исследования характеризуется как умеренный. Наблюдается преимущественное преобладание южных и юго-западных

ветров. Средние годовые скорости ветра по области составляют около – 3-4 м/с [21].

В городе на протяжении всего годового цикла в основном преобладают ветры южного направления, в процентном соотношении это около 60-65% ветров. В течение года наибольшую повторяемость имеют ветры южного направления 60-63%, северные и северо-восточные – 17%. Усредненные показатели направлений ветров в г. Томске за годовой период с разделением на теплый и холодный приведены на розе ветров (рис. 3) [15].

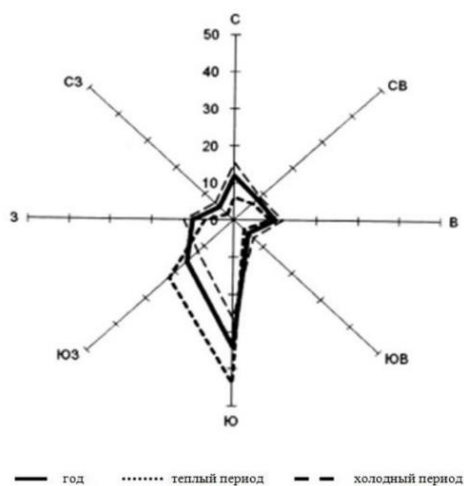


Рисунок 3 – Роза ветров города Томска [16]

Как видно на розе ветров, в теплый период увеличивается повторяемость северо-западных и юго-западных ветров, но вместе с тем, с началом летних месяцев также увеличивается повторяемость северо-восточных и северных ветров.

*Реки.* Томская область богата реками, всего в области насчитывается порядка 18100 рек и проток с суммарной протяженностью 94800 км. Самой обширной и главной рекой области является река Обь. Наиболее крупными реками – притоками Оби являются Томь, Чулым, Кеть, Васюган, Тым, Парабель, Чая. Томская область также богата озерами, их на всей территории области насчитывается около 112,9 тысяч. Суммарная площадь зеркала составляет 4451 км<sup>2</sup> [21].

*Подземные воды* Томской области, в силу расположения области в частично центральной и юго-восточной части крупнейшего в мире Западно-Сибирского артезианского бассейна, достигают глубины около 500 м и являются по своему составу преимущественно гидрокарбонатно-кальциевыми, а воды, находящиеся немного глубже, имеют гидрокарбонатно-натриевый состав [15].

*Почвы.* Почвообразующие породы в пределах Томской области имеют различный генезис – аллювиальный, озерно-аллювиальный, озерный, водно-ледниковый, местами эоловый [15]. На территории Томского района в основном преобладают серые лесные и пойменные почвы.

*Растительность.* Территория Томской области располагается в двух природных зонах, это тайга и лесостепь, чем и обуславливается видовой растительный состав. Площадь лесов района составляет 756 тыс. га или 75% от общей площади района. Леса Томского района предоставляют не только древесину, но и служат источником других ценных растительных ресурсов: ягод, грибов и лекарственных растений [126].

*Животный мир.* Положение Томской области на стыке лесостепи и тайги Западно-Сибирской равнины с горно-таежными лесами Кузнецкого Алатау определяет богатство и разнообразие животного мира. На территории области зарегистрировано: 1420 видов насекомых, 89 видов паукообразных, 32 вида рыб, 391 вид наземных позвоночных [30].

*Природные ресурсы.* В Томском районе распространены месторождения угля, песков строительных, белой глины (кирпичная и керамическая), крупные месторождения песчано – гравийной смеси, минеральных вод, полудрагоценных камней; в районе насчитывается 125 месторождений общераспространенных полезных ископаемых и 15 месторождений полезных ископаемых других видов. В настоящее время эксплуатируется 21 месторождение [126].



## **Глава 3. Геоэкологическая характеристика района исследования**

### *3.1 Геоэкологические проблемы территории*

Геоэкологическая ситуация города, в частности в районах, где больше всего промышленных объектов, характеризуется многокомпонентным воздействием на природные комплексы и экологическую обстановку в целом и приводит к необратимым метаморфозам природных комплексов города и его окрестностей.

На территории Томской области выделяются следующие основные направления промышленности: топливная (нефтегазодобывающая) и лесная промышленности, цветная и черная металлургия, нефтехимическое и химическое производство, машиностроение, сельское хозяйство, а также промышленность ядерно-топливного цикла. Вышеперечисленные отрасли промышленности в совокупности с транспортной нагрузкой территории создают основную долю антропогенного воздействия на окружающую природную среду Томской области.

В отличие от других районов Томской области, Томский район является пригородным районом областного центра г. Томска, исходя из этого на Томский район приходится наибольшая антропогенная нагрузка [49].

В томском районе хорошо развита транспортная инфраструктура, которая вносит немалый вклад в загрязнение природных сред района. Наиболее крупными автомагистралями с асфальтовым покрытием являются Томск – Мельниково – Колпашево, Томск – Моряковка, Томск – Юрга, Томск – Кузовлево, Томск – Самусь, Томск – Наумовка [49].

Город Томск в промышленном отношении имеет ряд территориальных особенностей. В зонах жилой застройки города располагаются большинство промышленных предприятий, созданных больше полувека назад. Но и в последние десятилетия промышленный потенциал города пополнился новыми предприятиями преимущественно в восточной и северной частях города (рис. 4) [71].

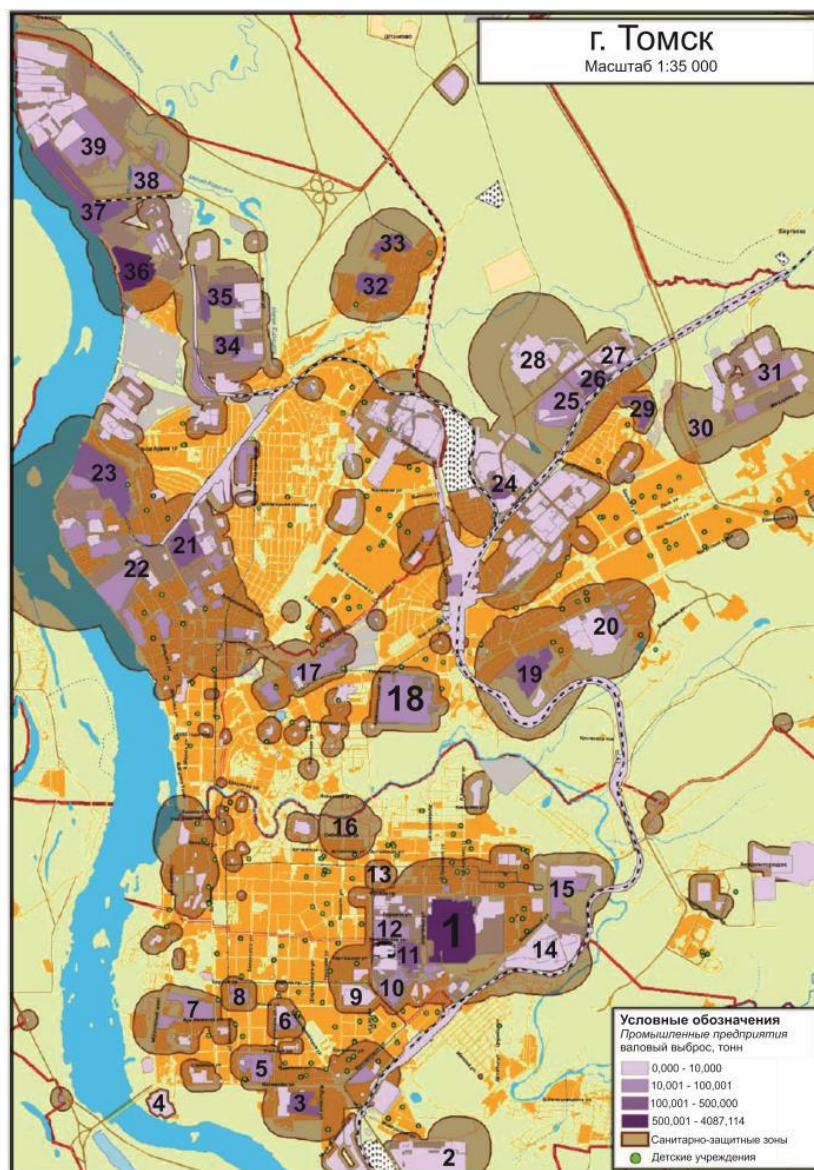


Рисунок 4 – Основные промышленные предприятия г. Томска [70] (с дополнениями Таловской А.В. [81] и Филимоненко Е.А. [57])

Промышленные предприятия: 1 - Томская ГРЭС-2, 2 - ОАО «Томский радиотехнический завод», 3 – ООО «Континенть», 4 - ЗАО «Томский водокнал», 5 - ОАО «Томский инструментальный завод» (перенесен с 2009 г.), 6 - ОАО «Томский электроламповый завод», 7 - ОАО «Томское пиво», 8 - ОАО «Томский электромеханический завод», 9 - НПО «Полюс», 10 - ФГУП «Томский электротехнический завод», 11 - ОАО «Сибэлектромотор», 12 - ОАО «Манотомь», 13 - ОАО «Завод пищевых продуктов Томский», 14 - ООО «Завод крупнопанельного строительства ТДСК», 15 - ООО «Эмальпровод», 16 - ЗАО «Кондитерская фабрика «Красная звезда», 17 – ЗАО «Сибкабель», 18 - ЗАО «Томский подшипник», 19 - ЗАО «Карьероуправление», 20 - ЗАО «Томский завод строительных материалов и изделий», 21 - ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм», 22 - Томский дрожжевой завод, 23 - Томский шпалопропиточный завод, 24 - ООО «ЖБИ-2007», ЗАО «Завод дорожно-строительных материалов», 25 - ООО «ЖБК-40», 26 - ООО «Керамзит-Т», 27 - Пиковая резервная котельная, 28 - ООО «ЖБК-100», 29 – ОАО «Томская спичечная фабрика «Сибирь», 30 - НПО «Вирион», 31 - ЗАО «Томский приборный завод», 32 – Томская клиническая психиатрическая больница, 33 - Исследовательский реактор ИРТ-Т НИИ ЯФ ТПУ, 34 – ООО «СибРос», ООО «Завод строительных материалов «Промальп», 35 - ООО «Сибцем-Томск», 36 - Лесопромышленное объявление «Томлесдрев», 37 - ЗАО «ТомЗЭЛ», 38 - ЗАО «БПТОиКО», 39 – ООО «Дробильно-сортировочный завод».

Специфика производств промышленных предприятий города весьма разнообразна. Так, машиностроением и металлообработкой заняты: ОАО «Томский инструмент», ОАО «Сибэлектромотор», ОАО «Томский электромеханический завод», ЗАО «Сибкабель», ОАО «Манотомь», заводы – Электроламповый, Радиотехнический, Приборный. Химическая и фармацевтическая отрасли промышленности представлены: ООО «Томскнефтехим», ООО «Томский завод резиновой обуви», ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм» и НПО «Вирион». Деревообработкой и производством стройматериалов заняты: мебельные, спичечная, карандашная фабрики, ООО «Континенть», ООО «Керамзит-Т», ЗАО «Карьероуправление». И множество представителей пищевой промышленности. Данные предприятия находятся непосредственно в кварталах жилой застройки и несут весьма неблагоприятный вклад в экологическую обстановку города [71].

Неравномерное распределение промышленных предприятий на территории г. Томска, обуславливает неоднородную техногенную нагрузку. Основная часть территории г. Томска характеризуется условиями чистой и/или умеренно загрязненной атмосферы, однако при этом контрастно выделяются два района – промузел ООО «Томскнефтехим» и центральная часть Томска, с сильно загрязненной атмосферой [17] (рис. 5). Наиболее высокая степень геоэкологической напряжённости на территории г. Томска сложилась в его западной и центральной частях (рис. 6). Причина этого заключается в небольшой природной устойчивости городской системы территории и высоком антропогенном воздействии за счет сосредоточения на этой территории промышленных предприятий с большими по площади санитарно-защитными зонами, повышенного индекса загрязненности атмосферного воздуха и повышенного уровня акустического дискомфорта при незначительном озеленении вдоль дорог [66].

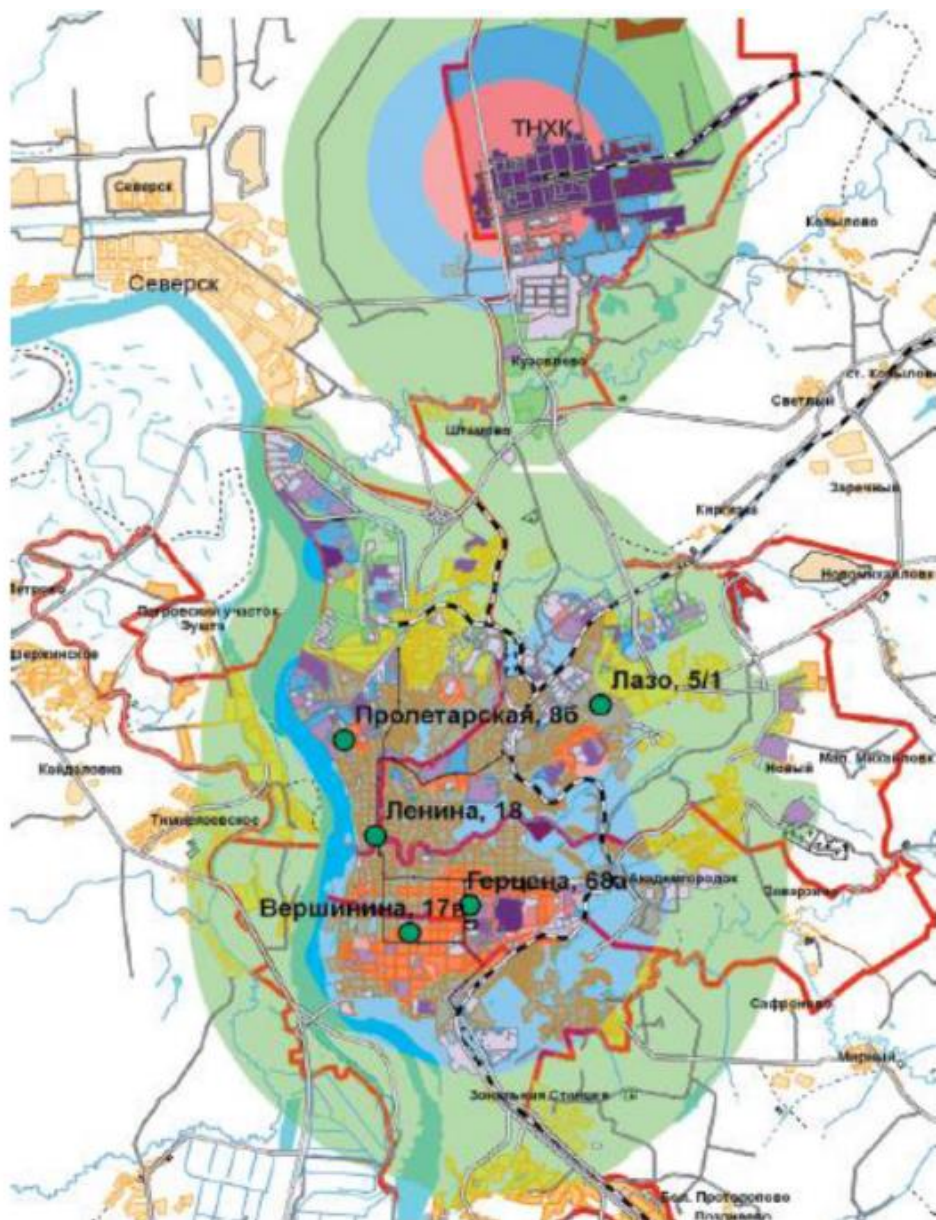


Рисунок 5 – Индекс загрязненности атмосферного воздуха на территории г. Томска и в его окрестностях [70]



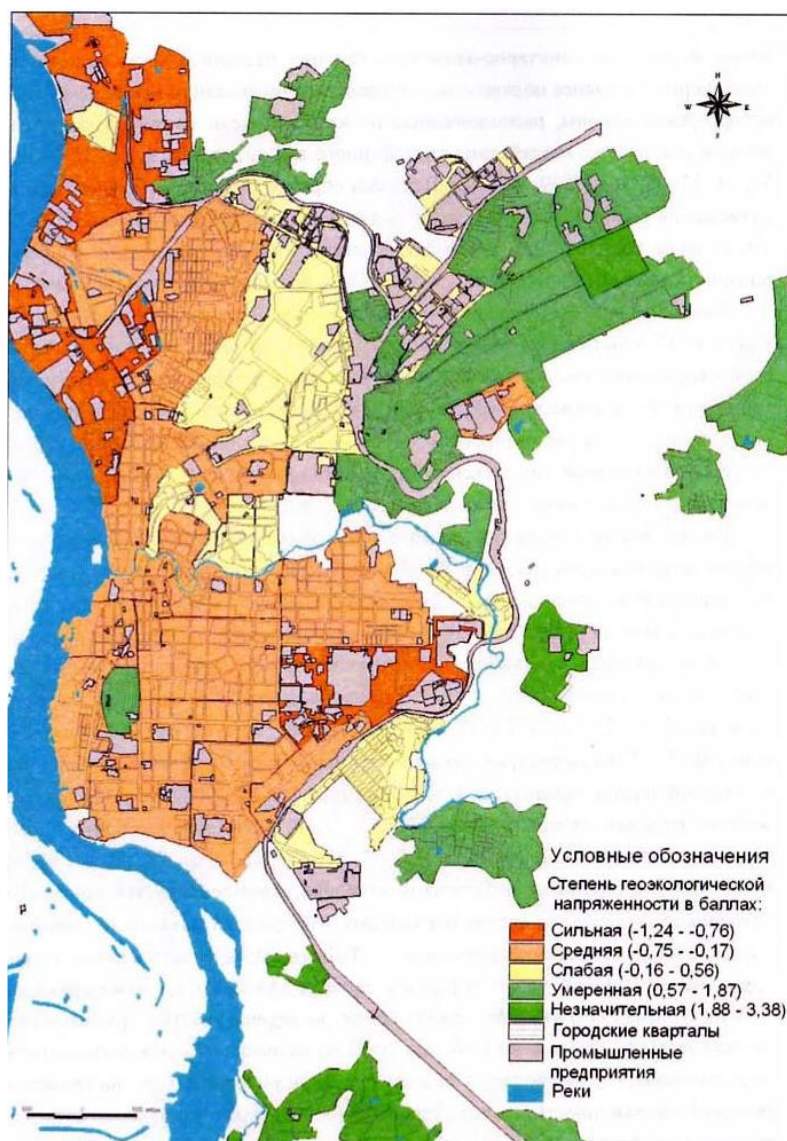


Рисунок 6 – Степень геоэкологической напряженности на территории г. Томска [66]

Проблемы бесчисленного количества выбросов от автотранспорта – бич каждого современного города не только Российской Федерации, но и городов по всему миру. По некоторым подсчетам, на долю выбросов от автотранспорта приходится около 70 % всех поступающих выбросов в атмосферный воздух. В выбросах от автотранспорта присутствуют такие вредные вещества как, бенз(а)пирен, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, углеводороды и др. [29].

### *3.2 Оценка качества атмосферного воздуха*

На территории города можно выделить два района с сильным загрязнением атмосферы, это северный промышленный узел, включающий в себя таких гигантов промышленности как ООО «Томскнефтехим» (ТНХК) и АО «Сибирский химический комбинат» (СХК), а также центральная часть города, включающая Советский и Кировский районы.

По данным Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области наблюдения за качеством атмосферного воздуха в г. Томске проводятся на 7 стационарных постах Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) комплексной лабораторией по мониторингу загрязнения окружающей среды Томского ЦГМС – филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [17].

В ходе наблюдений оценивалось содержание в воздухе 13 веществ: пыль, сернистый ангидрид, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, сажа, хлористый водород, аммиак, формальдегид, метанол и бенз(а)пирен. Среднегодовая концентрация диоксида азота в целом по городу составила 1,1 ПДК. Среднегодовая концентрация взвешенных веществ в целом по городу составила 0,7 ПДК. Наиболее загрязнен данной примесью Советский район. Среднегодовая концентрация оксида углерода составила 0,4 ПДК. Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена составила 0,4 ПДК.

В целом, по данным наблюдений мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городах, в ходе деятельности ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», в 2016 году город Томск характеризуется повышенным уровнем загрязнения атмосферы [17].

Наиболее крупный стационарный источник загрязнения атмосферного воздуха в пределах г. Томска – Томская ГРЭС-2, находящаяся в советском районе города. Помимо этого, на территории города насчитывается порядка 90 котельных, приуроченных к различным промышленным предприятиям города [71].

Дымовые выбросы теплоэлектростанций, работающих на угле и мазуте, состоят из множества газообразных веществ и элементов примесей (Pb, As, Cd, Hg, Se, Be, Co, Cr, Mn, Ni, Sb, а также Ge, Sc, редкоземельные элементы и др.), которые в дальнейшем распадаются и концентрируются, вызывая неблагоприятные изменения экологической обстановки в районах расположения [71].

В 2014 году сотрудниками кафедры ГЭГХ Томского политехнического университета были проведены снегогеохимические исследования территории г. Томска, в частности и на территориях отдыха городского населения (Белое озеро, Лагерный сад, Березовая роща (ул. К. Ильмера)). По результатам проведенных исследований были установлены уровни пылевой нагрузки на снежный покров, которые, в сравнении с фоновыми показателями, превышены в 31-34 раза вблизи наиболее загруженных автодорожных развязок города. Также повышенный уровень пылевого загрязнения отмечается в зонах влияния таких предприятий как, ГРЭС-2 и кирпичный завод. Наибольшие превышения фоновых концентраций наблюдаются у таких тяжелых металлов как Zn, As, Sb и Ba [59].

По данным многолетних исследований Филимоненко Е.А., изложенных в работе [61], было выявлено, что наиболее контрастные ореолы пылевого загрязнения территории в южной части Томской области сформированы воздействием от источников Томск-Северской промышленной агломерации, в северной части региона – воздействием от нефтедобывающих промыслов. Кроме этого, существенный вклад в пылевое загрязнение населенных пунктов Томского района вносят локальные источники – преимущественно угольные котельные. Также было подтверждено, что Томская ГЭС-2 является самым мощным источником привнесения техногенных частиц, рентгеноаморфного сажистого вещества и мелкодисперсной угольной пыли, а также тяжелых металлов в атмосферный воздух города.

Также мониторинг экологического состояния атмосферного воздуха в Томской области проводится на стационарных постах ГУ «Томский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Томской области», а также ведомственными лабораториями на границах санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

По данным лабораторного контроля на стационарных постах наблюдения, изложенных в государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Томской области в 2016 году» [18], были выявлены значительные превышения гигиенических нормативов по содержанию в атмосферном воздухе углерода оксида, взвешенных веществ, сажи, азота диоксида, хлористого водорода, формальдегида, метанола и фенола.

При изучении динамики показателей в период 2014-2016 гг. (рис. 7) прослеживается ярко выраженная закономерность роста доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по концентрациям метанола. Оценка среднегодовых содержаний исследуемых загрязняющих веществ по кратности превышения максимально-разовым предельно-допустимым концентрациям показала, в общем, сохранение уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Томска по исследуемым загрязняющим веществам на уровне предыдущих годов и, что примечательно, наблюдается некоторое увеличение уровня содержания фенола в пробах атмосферного воздуха за 2016 год [18].



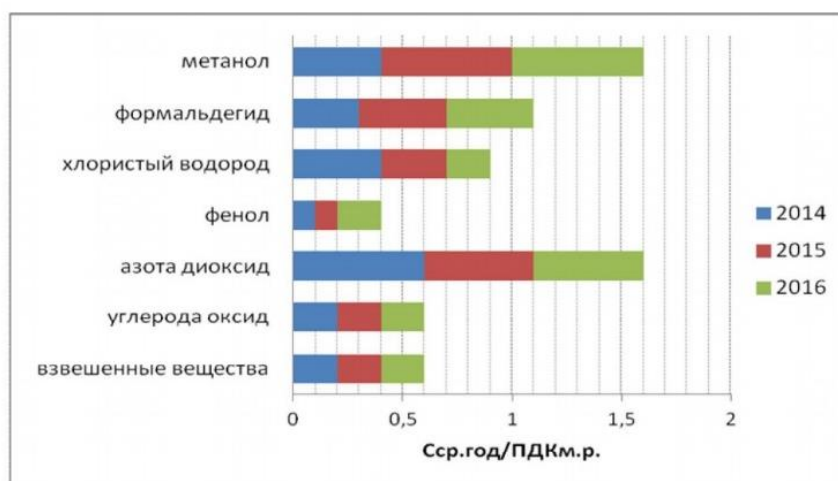


Рисунок 7 – Кратность превышения предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Томска за период 2014-2016 гг. [18]

### 3.3 Оценка качества водных ресурсов

По данным исследования [72] по оценке экологического состояния р. Томи с помощью зообентоса, было выявлено, что воды реки Томь «выше» по течению от города соответствуют классам «чистые» и «умеренно загрязненные». Ухудшение качества вод реки происходит «ниже» по течению от города, что также подтверждается другими исследованиями [43]. Совершенно ясно, что ухудшение экологического состояния р. Томь происходит вследствие поступления большого количества городских сточных вод.

По данным исследований [41], основным источником загрязнения рр. Томь и Ушайка является сброс через систему ливневой канализации неочищенных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод (микрорайон Макрушинский, ул. Учебная, ул. Московский тракт, северо-восточный промузел, ул. Угрюмова).

В 2012-2013 гг. проводились исследования [65] качества рекреационных озер близ г. Томска. В ходе анализа выявленных данных было установлено, что полученные показатели почти по всем параметрам (рН, БПК<sub>5</sub>, Fe<sub>общ</sub>, ХПК, нефтепродукты) в исследуемых водоемах превышают нормативы

ПДК в несколько раз. В оз. Песчаном было выявлено превышение по рН, БПК<sub>5</sub>, нефтепродуктам, перманганатной окисляемости. В озерах Мавлюкеевское, Боярское и Сенная Курья превышение наблюдается по Fe<sub>общ.</sub> В Беленьком и Белом озерах было выявлено превышение по нефтепродуктам и БПК<sub>5</sub>. Органическое вещество присутствует во всех исследуемых озерах, а превышение по величине ХПК в сравнении с ПДК составляет около 2-3 раз. Почти во всех исследуемых озерах было выявлено превышение рыбохозяйственных нормативов по содержанию общего железа, исключение составило только озеро Белое, но вместе с тем, в нем были обнаружены превышения по уровню содержания фенола, а в озере Песчаном значение рН оказалось выше нормы ПДК<sub>р</sub> в несколько раз. Как объекты рекреационного назначения, данные водоемы для человека являются небезопасными и непригодными для массовых купаний, так как содержат в своих водах бактериальные загрязнители: мезофильные сапрофиты и энтеробактерии [65].

В общерегиональных масштабах наблюдение за качеством подземных и поверхностных вод на территории Томского района и области в целом в 2016 году осуществлялось Томским Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Западно-Сибирское Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», а также ОГУБУ «Облкомприродой». По данным наблюдений водные объекты на территории Томского района и области в целом загрязнены по нескольким ингредиентам и показателям качества. В результате анализа показаний качества воды в наиболее крупных реках Томского района было выявлено, что воды многих рек загрязнена фенолами, нефтепродуктами, железом и ХПК. В целом, по данным государственного доклада «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2016 году», воды Томского района и области соответствуют 3 и 4 классам качества [17].

По данным исследований [49] в 32% отмечается превышение общей жесткости питьевых вод (7 мг-экв/л), что, в первую очередь, обуславливается природными факторами. Очень жесткая воды наблюдается в некоторых

населенных пунктах Томского района – с. Батурино (9,5-11 мг-экв/л), с Воронино и с. Семилужки. Характерно общее увеличение минерализации и жесткости воды с северо-северо-востока на юг-юго-восток. Что касается качества питьевых вод на территории Томского района, то в целом воды по составу удовлетворяют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая» [116], за исключением лишь показаний по Fe, Mn и Si. Также воды района характеризуются дефицитом F, 0,25 мг/л при норме 1,5 мг/л.

### *3.4 Оценка качества почвенного покрова*

Почвы характеризуются как длительные накопители микроэлементов, имеющих различные пути поступления (влияние почвообразующих пород, атмосферные осадки, поливную воду, минеральные и органические удобрения, отходы промышленного производства и многое другое), благодаря чему почвы служат великолепными концентраторами химических элементов и способны дать объективную оценку состоянию окружающей среды [49].

В ходе исследований [48] почвенного покрова г. Томска были выявлены повышенные содержания Ba, Sr, Be, Y, Pb, W, Mo, Cr, Sn, Hg, V, Sc, Rb и Bi относительно фоновых показаний.

В последующих исследованиях [71] также были выявлены аномальные территории в городе, где наблюдаются повышенные концентрации химических элементов в почвах в соответствии со спецификой производственных мощностей города. Так, весьма высокие уровни содержания Br, в сравнении с фоновыми данными, отмечаются в зоне влияния ЗАО «Томский приборный завод», ОАО «Томский электроламповый завод» и ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм». Высокие содержания Co выявлены близ ОАО «Томский инструмент». Превышены уровни содержания Ta вблизи ОАО «Томский приборный завод», НПО «Вирион». Высокие концентрации Se были обнаружены вблизи угольного склада Томской ГРЭС-2.

Кроме того, в образцах почв города Томска были выявлены частицы как природного, так и техногенного характера. К последним относятся такие

образования как, отходы металлообработки, содержащие Fe, Ti, Mg, Cu, Mn, Si, Ca, Al, V, Li, ферромагнетит, муллит, частицы золы неправильной формы, кирпичная крошка, частицы сажи, угля, шлака, извести и краски. В целом, при сравнении с фоновыми показателями уровней содержания элементов-примесей и частиц, почвы г. Томска характеризуются высоким уровнем антропогенной нагрузки, что обуславливается работой различного рода предприятий, сосредоточенных на территории города [71].

### *3.5 Радиационная обстановка*

По данным государственного доклада «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2016 году» [17] радиационную обстановку в исследуемом регионе формируют как природные, так и техногенные источники.

Природные источники радиоактивного излучения обуславливаются присутствием в природных средах (почве, грунте, атмосфере, стройматериалах жилых и общественных зданий) природных радионуклидов (ПРН) [17].

Присутствие радиоактивного излучения техногенного характера на территории Томского района обуславливается глобальными радиоактивными выпадениями при проводившихся ранее наземными и около атмосферными ядерными испытаниями на Новоземельском и Семипалатинском полигонах, а также на китайском полигоне в районе оз. Лобнор и аварии на АЭС и поступлением техногенных радионуклидов в компоненты природной среды вследствие деятельности предприятия ядерного топливного цикла и хранилищ радиоактивных отходов на Сибирском химическом комбинате (СХК), и также от последствий аварий на этом же объекте (рис. 8) [15].

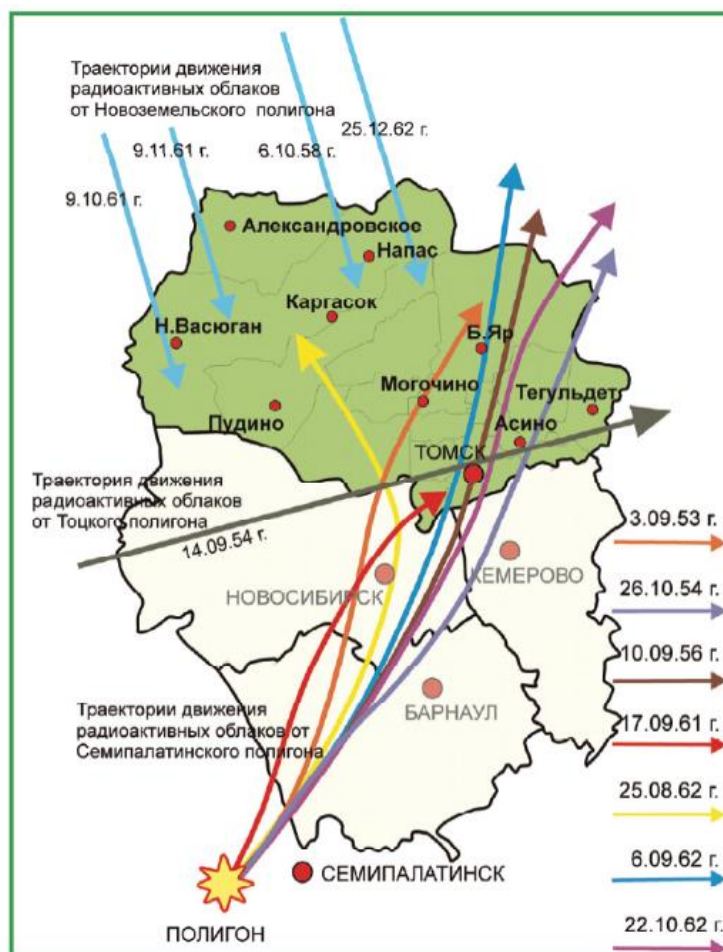


Рисунок 8 – Источники радиоактивного загрязнения Томской области при испытаниях ядерного оружия [15]

На сегодняшний день на территории Томской области (с учетом АО СХК и ЗАТО Северск) находится 238 радиационных объектов (2013 г.- 218 объектов, 2014 г.- 229), которые используют техногенные источники ионизирующего излучения (ИИИ) [18].

Согласно результатам государственного доклада [18] радиационная ситуация на территории Томской области за последние три года преимущественно не менялась и, в общем, оставалась удовлетворительной. Средняя годовая эффективная доза на одного жителя Томской области (за 2016 год) с учетом всех источников радиационного излучения составила 3,04 мЗв (2013- 2014 гг. - 3,03 мЗв), в целом по РФ эффективная доза ионизирующего излучения составила 3,81 мЗв .

## Глава 4. Методы исследований

### 4.1 Отбор и подготовка проб

Пробы эпифитного мха отбирались в рекреационных зонах населенных пунктов Томского района и на территории г. Томска. Пробы были отобраны в летне-осенний период 2015-2016 гг.

Пробы мха, произрастающего на коре деревьев, были отобраны в нескольких точках рекреационных зон Томского района и г. Томска (рис. 10):

1) в поселке Заварзино, расположенном в 6 км к юго-востоку от г. Томска, до 1990-х годов входящий в состав Советского района города. На территории поселка располагается садоводческое общество «Кедр», детский оздоровительный лагерь «Зорька» и конно-спортивный клуб «Русская тройка»;

2) в поселке Аникино, расположенном на расстоянии 10 км к югу от г. Томска, с 2004 года административно входит в состав Кировского района города. Через поселок проходит крупная автомобильная дорога Томск-Коларово-Ярское (Коларовский тракт). Также вблизи поселка находится большое количество детских летних лагерей и даже санаторий профилакторий «Энергетик»;

3) в деревне Лаврово в 50 км к западу от г. Томска, расположенной в таежной живописной местности возле реки Порос. В деревне функционирует центр отдыха «Прогулки с маламутами»;

4) на болоте у оз. Песчаное, расположенного близ села Тимирязевское в 5 км к западу от г. Томска. На берегу озера располагаются частные дома, жителям и гостям которых озеро служит местом отдыха и прогулок;

5) На территории города Томска пробы эпифитного мха отбирались в одной рекреационной зоне, являющейся популярным местом отдыха и прогулок у населения – территория Лагерного сада.

Всего было отобрано 13 проб эпифитных мхов на территориях рекреационных зон 5 населенных пунктов.





### Условные обозначения

★ - место отбора проб

Рисунок 9 – Карта-схема отбора проб на территории рекреационных зон г. Томска и его окрестностей

Пробы эпифитных мхов отбирались с деревьев на высоте 1-1,5 метров. Мох отбирался вручную, после чего упаковывался в герметичные полиэтиленовые пакеты с указанием места и даты отбора. Далее пробы отправлялись в лабораторию для дальнейшей подготовки к аналитическим исследованиям. Из проб удалялись посторонние предметы – ветки, листья, кора дерева, насекомые; далее пробы высушивались при комнатной температуре. После чего пробы мха измельчались на электрической кофемолке и в агатовой ступке до пудры. Далее пробы весом 100 мг упаковывались в алюминиевую фольгу и передавались на инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА).

#### *4.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ*

Определение уровней содержания элементов-примесей производилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИННА) в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ТПУ) на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

Нейтронно-активационный анализ обладает некоторыми преимуществами перед другими аналитическими методами. В ходе подготовки проб к ИНАА отсутствует химическая подготовка проб, за счет чего исключается погрешность из-за привноса или удаления элементов вместе с реактивами. Механическое истирание или дробление проб нужно лишь для стандартизации и упрощения процесса взвешивания и упаковки проб перед анализом. Т.к. регистрация аналитического сигнала производится непосредственно с ядер химических элементов, то химическое и физическое состояние пробы не оказывает влияния на результаты анализа. Влияние изменения состава матрицы пробы определяется лишь интерферирующими и нейтронопоглощающими элементами. Это позволяет в различном материале



(пробах) определять содержания химических элементов в обширном диапазоне (от  $n \times 10\%$  до  $n \times 10^{-9}\%$ ) [11].

Также к преимуществам инструментального нейтронно-активационного анализа можно отнести возможность анализа сравнительно небольших навесок (100-400 мг), что не требует наличия большого количества материала проб; количественное определение большого спектра химических элементов из одной навески, что позволяет воспользоваться только одним методом анализа без дополнительных аналитических исследований; отсутствие зависимости результатов определений от химических свойств элементов. Недостатком метода является лишь необходимость наличия специальных помещений для «остывания» облученных проб и для выполнения дополнительных радиохимических и измерительных операций.

Метод позволяет определять в пробах концентрации некоторых тяжелых металлов I, II и III классов опасности (As, Cr, Ba, Sr, Co, Zn, Sb), редких (Hf, Sc, Cs, Rb, Ta) и редкоземельных (Eu, Sm, Lu, Yb, La, Ce, Tb, Nd) элементов, радиоактивных (U, Th) элементов, макрокомпонентов (Ca, Na, Fe), некоторых благородных металлов (Au, Ag) и Br.

Пределы обнаружений химических элементов в веществах методом нейтронно-активационного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные пределы обнаружения для НАА [124]

Чувствительность (пикограмм)	Элементы
1	Dy, Eu
1–10	In, Lu, Mn
10–100	Au, Ho, Ir, Re, Sm, W
100–1000	Ag, Ar, As, Br, Cl, Co, Cs, Cu, Er, Ga, Hf, I, La, Sb, Sc, Se, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, Yb
1000–10 <sup>4</sup>	Al, Ba, Cd, Ce, Cr, Hg, Kr, Gd, Ge, Mo, Na, Nd, Ni, Os, Pd, Rb, Rh, Ru, Sr, Te, Zn, Zr
10 <sup>4</sup> –10 <sup>5</sup>	Bi, Ca, K, Mg, P, Pt, Si, Sn, Ti, Tl, Xe, Y
10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup>	F, Fe, Nb, Ne
10 <sup>7</sup>	Pb, S

Обнаружение методом ИНАА некоторых элементов (Mg, Al, Si, P) весьма затруднительно, т.к. сечения ядерных реакций с данными элементами либо слишком малы, либо слишком велики для образования радионуклидов.

Методика НАА заключается в облучении исследуемых проб в реакторе потоком тепловых нейтронов и последующем измерении наведенной активности на гамма-спектрометре с полупроводниковыми детекторами.

Навески исследуемых проб, а также стандартных образцов или контрольных проб упаковывают в материал, практически не активирующийся под действием нейтронов (как правило, полиэтиленовая пленка) или дающий продукты активации с малым периодом полураспада (например, алюминий), помещают в пенал из алюминия высокой чистоты и облучают в течение определенного времени в канале реактора тепловыми нейтронами [11].

При аналитических исследованиях методом ИНАА для упаковки проб необходимо использовать радиационно-устойчивый, относительно чистый и доступный материал. Чаще всего пробы упаковывают в алюминиевую фольгу марки А-995 или полиэтиленовую пленку.

Определение уровня содержаний тория и урана методом ИНАА соответствует требованиям количественного анализа 3 класса. Для тория метрологические показатели немного лучше, чем для урана. Содержание урана в пробе в количестве менее 1 г/т практически не определяется из-за мешающих компонентов. Но обратная ситуация у тория, присутствие его в таких количествах в пробах успешно регистрируется [56].

### *4.3 Математическая обработка результатов*

Обобщение результатов аналитических исследований и их дальнейшая обработка производилась с помощью программного обеспечения: Microsoft OfficeExcel 2016, Microsoft OfficeWord 2016 и «Statistica 8.0».

Статистическая обработка данных включала расчет основных статистических характеристик распределения химических элементов во мхах (медианы, моды, стандартного отклонения, дисперсии, вариации и некоторых

других параметров). Проводился корреляционный анализ, в результате которого были сформированы графф-ассоциации химических элементов в пробах, а также проверка на нормальность распределения выборки полученных данных. Также проводился кластерный анализ и факторный анализ методом главных компонентов.

В ходе обработки результатов применялись расчеты эколого-геохимического критерия – коэффициента концентрации ( $K_k$ ). Расчет коэффициента концентрации химических элементов в эпифитных мхах производился по формуле:

$$K_k = \frac{C}{C_\phi},$$

где  $K_k$  – коэффициент концентрации,

$C$  – содержание элемента в природной среде,

$C_\phi$  – фоновое содержание элемента в исследуемой среде (фоновое значение в эпифитных мхах оз. Песчаное близ с. Тимирязевского Томского района).

## **Глава 5. Особенности накопления химических элементов в эпифитных мхах г. Томска и окрестностей**

Мхи различных видов в последние годы активно используются в эколого-геохимических исследованиях как индикаторы состояния окружающей среды. Мхи не имеют корневой системы, что делает их оптимальными сорбентами для атмосферных выпадений. Благодаря своим морфологическим особенностям, мхи поглощают выпавшие на их поверхность вещества, а низкий уровень метаболизма способствует их последующему накоплению в биомассе [37, 52].

Из-за своего особого строения и ареала произрастания эпифиты способны накапливать в себе широкий спектр загрязнителей, от тяжелых металлов и до редкоземельных элементов. Это способность является оптимальной для исследований территории с длительным техногенным загрязнением атмосферы конкретными источниками [40].

По данным аналитических исследований были определены содержания химических элементов в пробах эпифитных мхов, которые представлены в таблице 2.

ОТаблица 2

Содержание химических элементов (г/т) в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

№ п/п	Шифр	Na, %	Ca, %	Sc	Cr	Fe, %	Co	Zn	As	Br	Rb	Sr	Ag	Sb	Cs
1	ЗВ1	0,049	0,391	0,606	3,58	0,205	1,23	16,4	0,977	8,6	7,4	10	0,1	0,05	0,307
2	АН-1	0,136	0,533	1,323	9,02	0,544	2,39	85,3	1,351	10,5	7,6	10	0,1	0,05	0,394
3	АН-2	0,130	0,554	1,327	0,50	0,404	2,20	35,3	2,038	12,5	12,7	0,16	0,1	0,498	0,465
4	АН-3	0,078	0,438	0,851	8,05	0,325	1,77	31,6	1,616	9,1	9,4	10,0	0,1	0,172	0,296
5	Пес6	0,015	0,114	0,103	0,50	0,096	0,71	5,0	0,629	6,0	24,6	10,0	0,16	0,050	0,301
6	Пес2	0,011	0,138	0,090	0,50	0,089	0,72	5,0	0,574	7,4	28,3	10,0	0,10	0,050	0,172
7	Пес3	0,006	0,114	0,126	0,50	0,017	0,43	5,0	0,399	4,4	13,5	10,0	0,03	0,050	0,044
8	ЛС1	0,129	0,609	1,479	27,73	0,501	3,00	84,3	2,136	7,7	13,7	15,5	0,10	0,277	0,483
9	ЛС2	0,079	0,395	1,180	8,94	0,432	2,41	107,9	2,202	9,5	10,4	10,0	0,10	0,417	0,461
10	ЛС3	0,119	0,609	1,549	20,16	0,519	2,81	120,5	2,653	8,2	15,8	4,3	0,10	0,543	0,568
11	ЛАВ-1	0,015	0,338	0,291	0,50	0,030	0,69	33,9	1,796	6,3	12,1	10,0	0,10	0,050	0,172
12	ЛАВ-2	0,049	0,450	0,734	0,50	0,206	1,23	74,2	1,127	8,2	12,8	10,0	0,10	0,050	0,361
13	ЛАВ-3	0,013	0,204	0,109	0,50	0,057	0,51	23,0	1,092	4,5	7,9	10,0	0,01	0,050	0,133
№ п/п	Шифр	Va	La	Hf	Ta	Au	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Th	U
1	ЗВ1	68,7	1,80	0,291	0,048	0,002	4,99	1,05	0,179	0,022	0,035	0,008	0,023	0,491	0,945
2	АН-1	122,4	4,15	0,841	0,073	0,005	10,38	3,35	0,470	0,124	0,120	0,342	0,044	0,367	1,532
3	АН-2	91,2	4,01	1,051	0,077	0,003	9,25	1,48	0,510	0,120	0,062	0,315	0,046	0,810	1,014
4	АН-3	79,9	2,58	0,431	0,010	0,005	6,84	1,59	0,306	0,019	0,086	0,174	0,033	0,669	1,119
5	Пес6	13,7	0,30	0,086	0,004	0,002	1,33	0,19	0,027	0,008	0,021	0,019	0,006	0,098	0,581
6	Пес2	12,8	0,39	0,055	0,001	0,001	1,65	0,34	0,044	0,006	0,010	0,026	0,005	0,078	0,615
7	Пес3	11,3	0,24	0,058	0,003	0,003	1,10	0,23	0,028	0,012	0,006	0,053	0,009	0,020	0,602
8	ЛС1	118,1	4,27	0,964	0,068	0,010	14,10	3,06	0,634	0,121	0,167	0,412	0,057	1,274	0,933
9	ЛС2	129,4	3,54	0,669	0,082	0,002	9,52	4,35	0,460	0,102	0,107	0,295	0,039	0,861	1,006
10	ЛС3	142,1	5,08	0,908	0,019	0,002	12,23	4,38	0,606	0,123	0,134	0,433	0,067	0,857	1,071
11	ЛАВ-1	24,2	0,81	0,178	0,001	0,001	2,68	0,01	0,118	0,033	0,018	0,084	0,011	0,256	0,650
12	ЛАВ-2	93,0	1,84	0,415	0,036	0,002	6,31	2,24	0,566	0,044	0,047	0,190	0,017	0,089	0,681
13	ЛАВ-3	26,0	0,59	0,094	0,026	0,001	1,22	0,59	0,080	0,019	0,014	0,021	0,009	0,207	0,566

Примечание: ЗВ – пос. Заварзино; АН – пос. Аникино; Пес – оз. Песчаное (Тимирязево); ЛС – Лагерный сад г. Томска; ЛАВ – д. Лаврово.

Стандартные статистические параметры (среднее значение, медиана, мода, частота моды, max, min, стандартное отклонение, коэффициент вариации), рассчитанные с помощью программного обеспечения «Statistica 8.0», приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные статистические параметры содержания химических элементов в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района (выборка 13 проб)

Элемент	Среднее	Медиана	Мода	Частота моды	Min	Max	Стд.откл.	Кэф.вариации	Характер геохим.поля
Na	0,06	0,05	Множест.	1	0,01	0,14	0,05	79,3	Неоднородный
Ca	0,54	0,44	Множест.	2	0,11	1,61	0,39	71,6	Неоднородный
Sc	0,73	0,61	Множест.	1	0,01	2,31	0,64	87,9	Весьма неоднородный
Cr	6,96	1,03	,5000000	8	0,50	41,75	11,23	161,4	Крайне неоднородный
Fe	0,27	0,21	Множест.	1	0,02	0,80	0,22	80,1	Весьма неоднородный
Co	1,56	1,23	Множест.	1	0,43	4,28	1,03	65,8	Неоднородный
Zn	48,47	31,6	5,0000000	3	5,00	180	47,86	98,7	Весьма неоднородный
As	1,38	1,09	Множест.	1	0,40	3,72	0,86	62,4	Неоднородный
Br	11,27	8,25	Множест.	1	4,42	30,0	7,56	67,0	Неоднородный
Rb	17,23	12,72	Множест.	1	5,45	60,9	14,27	82,8	Весьма неоднородный
Sr	10,98	10,0	10,000000	14	0,16	28,3	5,69	51,8	Неоднородный
Ag	0,10	0,10	,1000000	15	0,01	0,22	0,04	41,7	Неоднородный
Sb	0,24	0,05	,0500000	10	0,05	0,94	0,28	113,0	Весьма неоднородный
Cs	0,34	0,31	Множест.	1	0,04	0,81	0,19	55,9	Неоднородный
Ba	73,77	68,75	Множест.	1	11,29	208,70	52,74	71,5	Неоднородный
La	2,30	1,80	Множест.	1	0,24	7,32	1,94	84,4	Весьма неоднородный
Hf	0,45	0,25	Множест.	1	0,06	1,58	0,43	97,2	Весьма неоднородный
Ta	0,03	0,02	,0100000	5	0,00	0,08	0,03	95,6	Весьма неоднородный
Au	0,00	0,00	,0012000	3	0,00	0,01	0,00	86,7	Весьма неоднородный
Ce	6,40	4,99	Множест.	1	1,10	20,74	5,20	81,2	Весьма неоднородный
Nd	1,89	1,37	1,000000	2	0,01	6,53	1,73	91,7	Весьма неоднородный
Sm	0,33	0,31	Множест.	1	0,03	0,94	0,25	77,4	Неоднородный

Eu	0,05	0,03	Множест.	1	0,01	0,14	0,05	89,7	Весьма неоднородный
Tb	0,06	0,04	Множест.	1	0,01	0,19	0,06	91,4	Весьма неоднородный
Yb	0,18	0,11	Множест.	1	0,01	0,50	0,16	88,7	Весьма неоднородный
Lu	0,03	0,02	Множест.	1	0,01	0,10	0,02	86,2	Весьма неоднородный
Th	0,53	0,41	Множест.	1	0,02	1,89	0,47	88,8	Весьма неоднородный
U	0,91	0,85	Множест.	1	0,56	2,03	0,38	41,2	Неоднородный

Описание характера геохимического поля для исследуемой территории проводилось с учетом классификации геохимических полей по степени их изменчивости, представленной в табл. 4.

Таблица 4

Классификация геохимических полей по степени их изменчивости

Группа	Характер геохимического поля	Значения, %
I	Однородные	<39
II	Неоднородные	40-79
III	Весьма неоднородные	80-159
IV	Крайне неоднородные	>160

Можно отметить, что в пробах эпифитных мхов элементов, имеющих однородный характер геохимического поля, не выявлено. Но вместе с тем, выделяется 11 элементов из 28 (Sm, Ca, U, Ba, Sr, As, Ag, Br, Cs, Co, Na) характеризующихся неоднородностью геохимического поля. Также подавляющее большинство элементов (Ce, Lu, Th, Yb, Au, Hf, Nd, Tb, Fe, Zn, Ta, Eu, La, Sb) имеют весьма неоднородный характер геохимического поля. Кроме того, один элемент Cr характеризуется крайней неоднородностью поля.

В качестве критерия соответствия эмпирического распределения нормальному теоретическому используют отношения показателей асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$  к их стандартным ошибкам  $\sigma_A$  и  $\sigma_E$  соответственно:

$$t_1 = \frac{A}{\sigma_A}; \quad t_2 = \frac{E}{\sigma_E}$$

Если эти значения по абсолютной величине превышают 3, то гипотеза о нормальном распределении отвергается.

При использовании критериев Колмогорова-Смирнова и  $\chi^2$  в качестве критерия проверки гипотезы о законе распределения содержания химических элементов во мхах исследуемой территории была использована следующая градация.

Степень значимости отличия распределения от соответствующего нормального закона качественно определяется по уровню значимости: не значимые ( $p \geq 0,100$ ), слабо значимые ( $0,100 > p \geq 0,050$ ), статистически значимые ( $0,050 > p \geq 0,005$ ), сильно значимые ( $0,005 > p \geq 0,0005$ ), высоко значимые ( $0,0005 > p$ ) [33].

Результаты соответствия нормальному закону распределения содержаний химических элементов для исследуемой территории представлены в таблице 5.

Таблица 5

Критерий соответствия нормальному закону распределения химических элементов в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

Элемент	Критерий				Соответствие нормальному закону распределения
	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	K-C	$\chi^2$	
Na	1,174	-1,163	0,188	-	да
Ca	2,624	1,857	0,1917	-	нет
Sc	1,775	0,296	0,12759	-	да
Cr	4,233	4,639	0,2677	-	нет
Fe	1,698	0,230	0,10602	-	да
Co	2,275	1,068	0,15658	-	нет
Zn	2,741	1,721	0,25448	-	нет
As	2,409	1,493	0,16201	-	нет
Br	2,783	0,993	0,25115	-	нет
Rb	3,864	4,127	0,24623	-	нет
Sr	2,946	4,877	0,4103	-	нет
Ag	1,083	4,353	0,40116	-	нет
Sb	2,667	1,082	0,20271	-	нет
Cs	1,342	0,480	0,08612	-	нет
Ba	1,737	0,720	0,0845	-	нет
La	2,132	0,822	0,13948	-	да
Hf	2,372	0,897	0,1914	-	нет
Ta	1,595	-0,717	0,22762	-	да



Au	3,790	3,196	0,2616	-	нет
Ce	2,563	1,769	0,1518	-	нет
Nd	2,527	1,454	0,1676	-	нет
Sm	1,303	-0,023	0,12874	-	да
Eu	1,392	-1,266	0,18866	-	да
Tb	2,103	0,143	0,1464	-	да
Yb	1,541	-0,668	0,1833	-	да
Lu	2,795	2,044	0,1305	-	нет
Th	2,856	2,711	0,1299	-	нет
U	3,157	3,203	0,1368	-	нет

Примечание: К-С – критерий Колмогорова-Смирнова;  $\chi^2$  – критерий Хи-Квадрат Пирсона.

После проведения анализа данных критерия соответствия нормальному закону распределения на исследуемой территории с помощью эпифитных мхов, можно сделать вывод о том, что в пробах нормальному закону распределения соответствуют следующие химические элементы: Sm, Yb, Sc, Fe, Ta, Na, Eu, La, остальные же элементы не соответствуют нормальному закону распределения химических элементов.

Для выделения ассоциаций химических элементов в пробах эпифитного мха исследуемой территории проводится корреляционный анализ отдельно.

С помощью табличных данных были выделены критические значения коэффициента корреляции [69]. Для проб эпифитного мха критическое значение коэффициента корреляции составило 0,95.

После обработки данных для проб была построена граф-ассоциация элементов, которая представлена на рисунке 10.

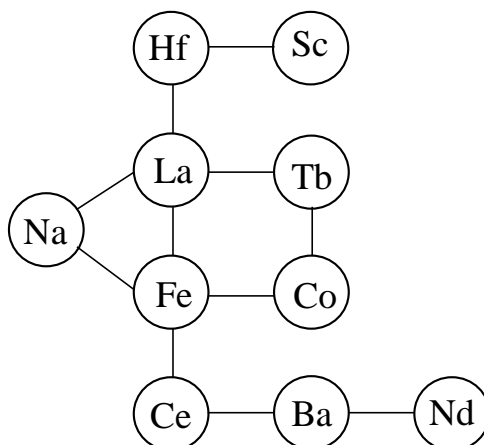


Рисунок 10 – Граф-ассоциации химических элементов в пробах эпифитного мха рекреационных зон Томского района

В соответствии с геохимической классификацией Гольдшмидта в пробах эпифитного мха в ассоциации находятся преимущественно литофильные элементы. Но вместе с тем в ассоциации также присутствуют два сидерофильных элемента (Fe и Co). Исходя из этого графф-ассоциации химических элементов в пробах эпифитного мха имеют смешанный, преимущественно лито-сидерафильный характер.

Что касается степени накапливаемости химических элементов в живом веществе, согласно коэффициенту биологического поглощения по А.И. Перельману [42], в графф-ассоциации элементов в эпифитных мхах выделяются лишь элементы слабого и среднего захвата – Ва, Со и Fe. Данные по биологическому поглощению редкоземельных элементов в классификации А.И. Перельмана отсутствуют.

Кластерный анализ проводится с целью выявления отдельных групп химических элементов в исследуемых пробах. Как правило, в такие группы объединяются элементы, которые имеют наивысшие значения меры сходства (парные коэффициенты корреляции Пирсона  $r$ ). Разбивка наивысших коэффициентов корреляции между отдельными парами элементов осуществляется методом иерархии (от наиболее до наименее значимых пар). Данный метод объединения парных элементов (разбивка по парам) осуществляется до тех пор, пока значение групповых коэффициентов корреляции не достигнуто критического порогового значения  $r_{кр}$ , определяемого с помощью программного обеспечения STATISTICA по заданному уровню значимости и объему выборки.

С помощью вероятностного калькулятора корреляции были вычислены значения коэффициента корреляции Пирсона для исследуемого вида мха в рекреационных зонах Томского района – 0,67.

Результаты кластерного анализа проб эпифитного мха представлены на рисунке 11.

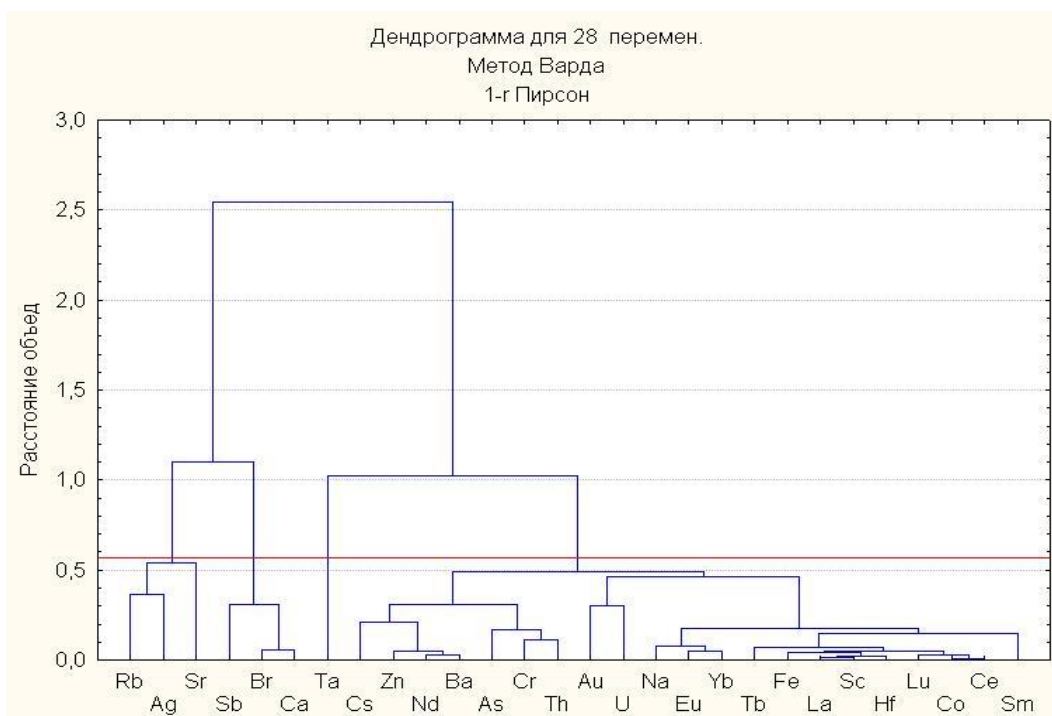


Рисунок 11 – Дендрограмма наблюдений в пространстве для проб эпифитного мха рекреационных зон Томского района

На данной дендрограмме можно выделить 2 крупных кластера ассоциаций химических элементов. Внутри каждого крупного кластера выделяются менее крупные кластеры ассоциаций химических элементов.

В первой группе кластеров выделяется следующие две ассоциации химических элементов: Rb, Ag, Sr; и Sb, Br, Ca.

Во втором крупном кластере выделяется весьма крупная ассоциация химических элементов: Au, U, Na, Eu, Yb, Tb, Fe, La, Sc, Hf, Lu, Co, Ce, Sm. Также во второй группе кластеров выделяется меньшая ассоциация элементов: Cs, Zn, Nd, Ba, As, Cr, Th.

Факторный анализ (метод главных компонент) проводится для более детального определения влияния тех или иных факторов на взаимосвязи между химическими элементами в пробах. Главной целью факторного анализа является сокращение числа рассматриваемых микроэлементов и определение структуры взаимосвязей между микроэлементами, т.е. проводится классификация микроэлементов, обнаруженных в пробах [33].

При анализе распределения химических элементов на исследуемой территории необходимо определить максимальное число факторов, которые оказывают существенное воздействие на дисперсию. Для этого необходимо рассмотреть график и таблицу собственных значений для проб каждого эпифитного мха рекреационных зон Томского района.

График собственных значений для проб эпифитных мхов представлен на рисунке 12, а дисперсия, объясненная последовательностью всех собственных значений, представлена в таблице 6.

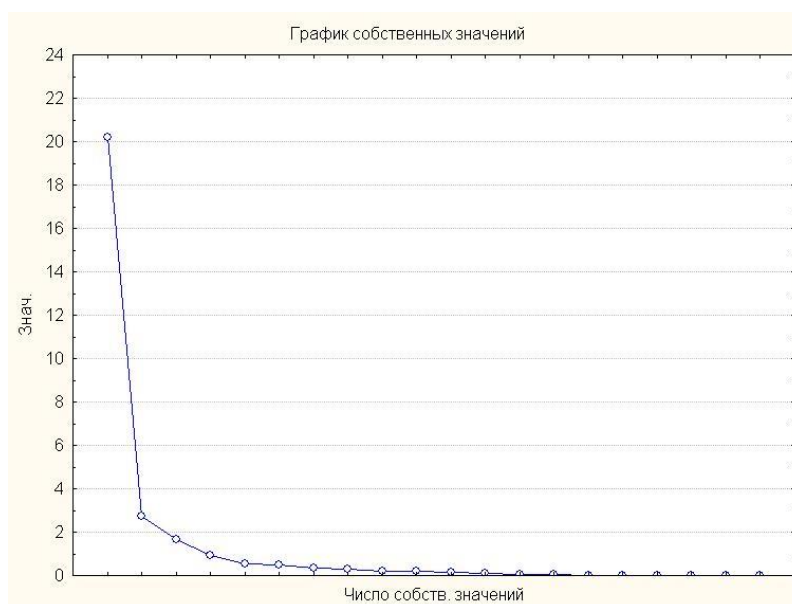


Рисунок 12 – График собственных значений для проб эпифитного мха рекреационных зон Томского района

Рисунок 12 демонстрирует графический метод («критерий каменистой осыпи») оценки значимости собственных значений: справа от критической точки, где убывание собственных значений слева направо максимально замедляется, находится только «факториальная осыпь», которой пренебрегают. В соответствии с этим критерием можно оставить 3 фактора, а значит, только эти 3 фактора оказывают существенное влияние на распределение химических элементов в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района.

Таблица 6

Вращаемые факторные нагрузки в выбранной 3-х факторной модели для проб эпифитного мха рекреационных зон Томского района

Элемент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Na	0,93	-0,18	0,22
Ca	0,36	0,13	0,89
Sc	0,94	0,01	0,28
Cr	0,80	0,38	0,32
Fe	0,92	0,01	0,35
Co	0,95	0,13	0,27
Zn	0,89	0,28	0,13
As	0,88	0,23	0,14
Br	0,17	0,05	0,97
Rb	0,25	0,88	0,05
Sr	0,13	0,60	0,58
Ag	0,41	0,55	0,42
Sb	0,56	0,03	0,63
Cs	0,83	0,38	0,03
Ba	0,94	0,16	0,18
La	0,95	0,06	0,29
Hf	0,94	0,05	0,24
Ta	0,56	-0,67	-0,04
Au	0,67	0,24	0,32
Ce	0,94	0,16	0,27
Nd	0,89	0,23	0,20
Sm	0,86	0,05	0,36
Eu	0,95	-0,12	0,09
Tb	0,93	0,08	0,25
Yb	0,95	-0,01	0,19
Lu	0,93	0,19	0,24
Th	0,82	0,33	0,25
U	0,71	0,09	0,54
<b>Общ.дис.</b>	17,69	2,73	4,15
<b>Доля общ.</b>	0,63	0,10	0,15

В таблице 6 красным цветом выделены наибольшие нагрузки, оказываемые различными факторами на распределение химических элементов в пробах эпифитного мха на территории Томской области.

Первый фактор оказывает наибольшую нагрузку на дисперсию следующих элементов: Sm, Ce, Lu, U, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Nd, As, Cs, Tb, Sc, Fe, Zn, Co, Na, Eu, La. Второй фактор оказывает влияние лишь на один

химический элемент – Rb. А 3 фактор оказывает влияние на два химических элемента: Са и Вг.

На рисунке 13 выделены первые 2 фактора, которые имеют наибольший % от общей дисперсии для проб эпифитного мха на территории Томского района.

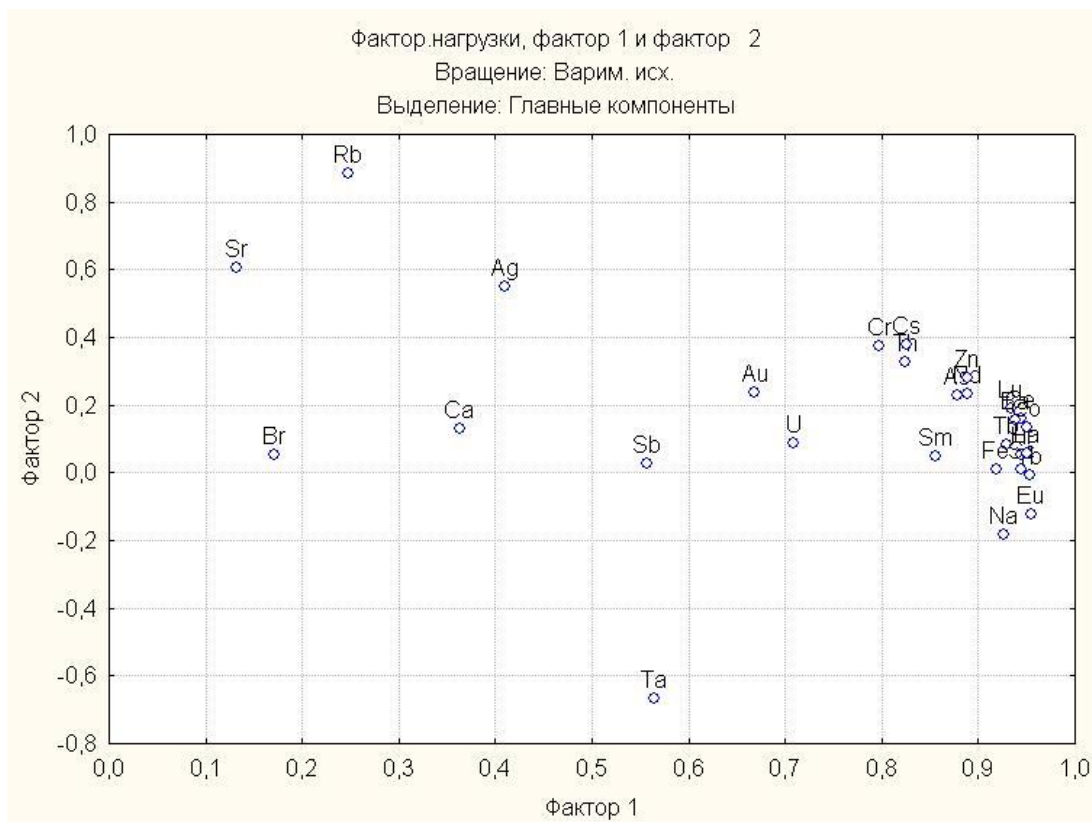


Рисунок 13 – График фактора нагрузки влияния факторов на распределение элементов в пробах эпифитного мха рекреационных зон Томского района

Данная диаграмма наглядно иллюстрирует довольно обширную ассоциацию химических элементов (Cr, Cs, Th, Zn, As, Nd, Sm, Lu, Co, Ce, Ba, Tb, Hf, Fe, Yb, Eu, Na, U, Au, Sb, La, Sc), на которую в наибольшей степени оказывает влияние фактор 1. Также можно выделить меньшую группу элементов, на которую воздействует фактор 2 – Sr, Rb. Кроме того, выделяется микроассоциация Br, Ag и Ca, на которую в равных степенях оказывают влияние оба рассматриваемых фактора.

В совокупности, фактор 1 оказывает наибольшее влияние на распределение химических элементов на исследуемой территории. Можно

предположить, что фактором 1 является пыль, осаждающаяся на растительности рекреационных зон в следствие воздействия располагающихся вблизи автодорог, но и также это может быть трансграничный перенос элементов природного происхождения.

По результатам статистической обработки полученных данных были построены диаграммы уровня содержания химических элементов в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района, которые представлены на рисунках 14, 15, 16, 17 и 18.

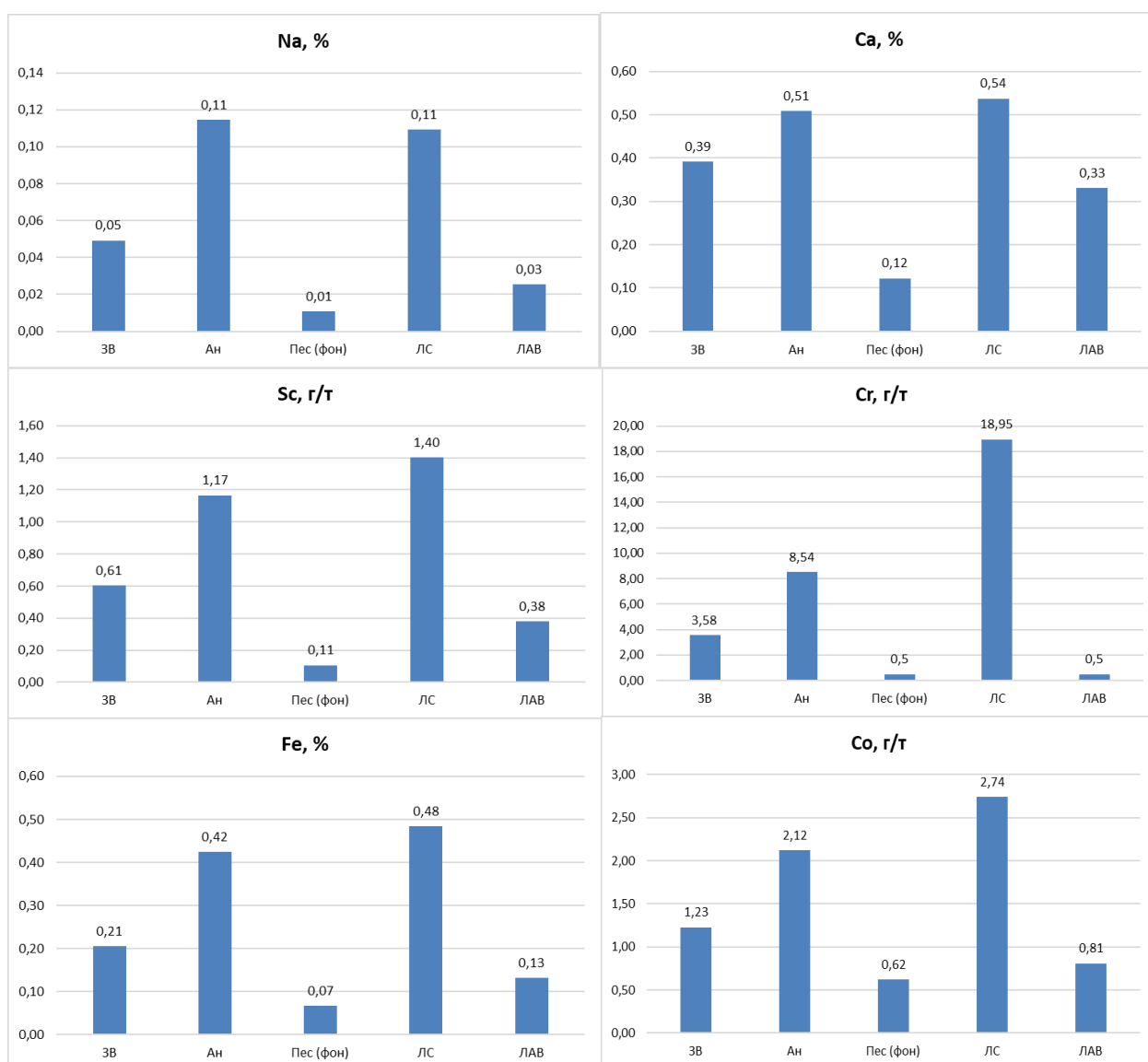


Рисунок 14 – Содержание химических элементов (Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co) в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

Примечание: ЗВ – пос. Заварзино; АН – пос. Аникино; Пес (фон) – оз. Песчаное (Тимирязево); ЛС – Лагерный сад г. Томска; ЛАВ – д. Лаврово.

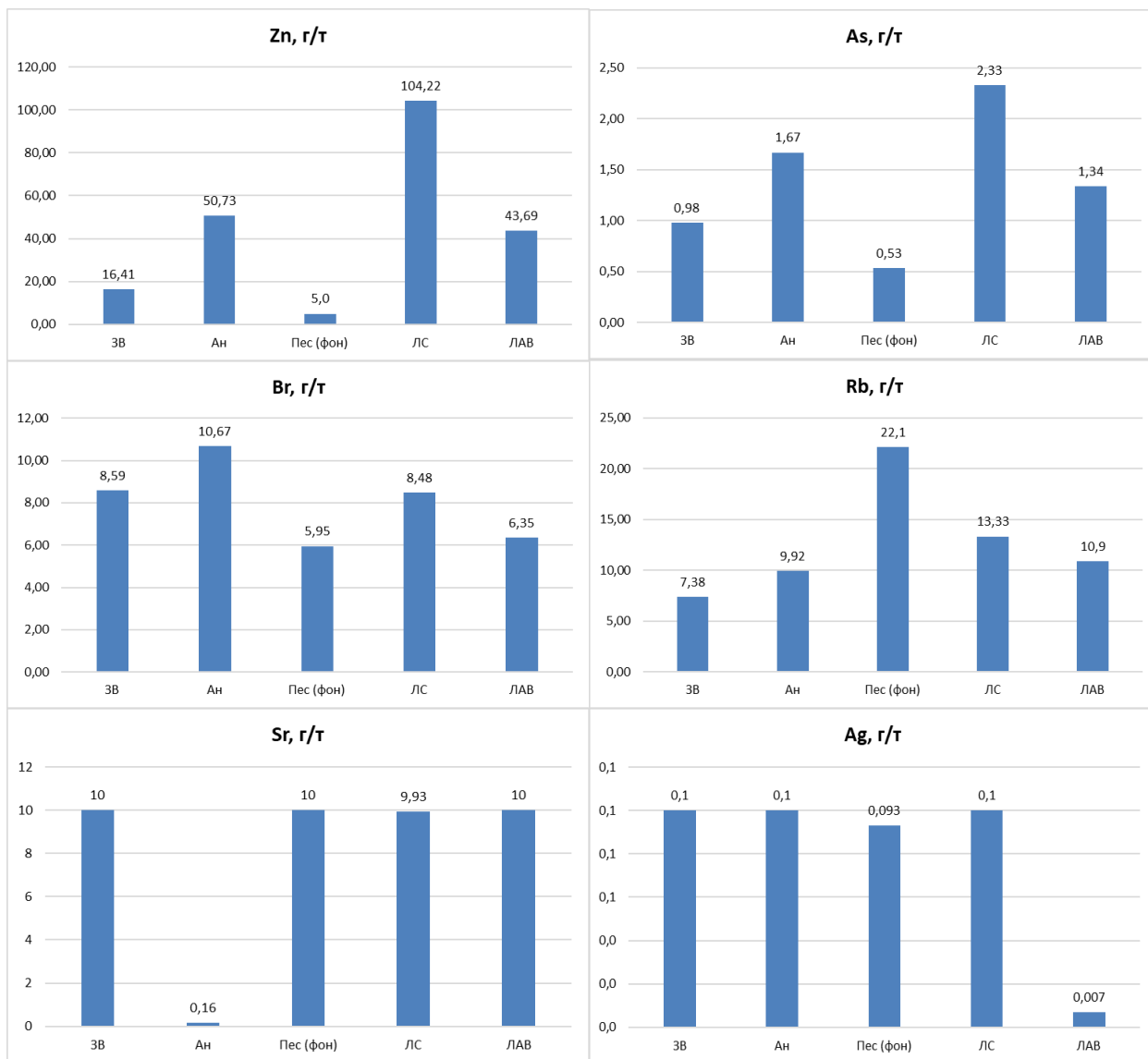


Рисунок 15 – Содержание химических элементов (Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag) в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

Примечание: ЗВ – пос. Заварзино; Ан – пос. Аникино; Пес (фон) – оз. Песчаное (Тимирязево); ЛС – Лагерный сад г. Томска; ЛАВ – д. Лаврово.



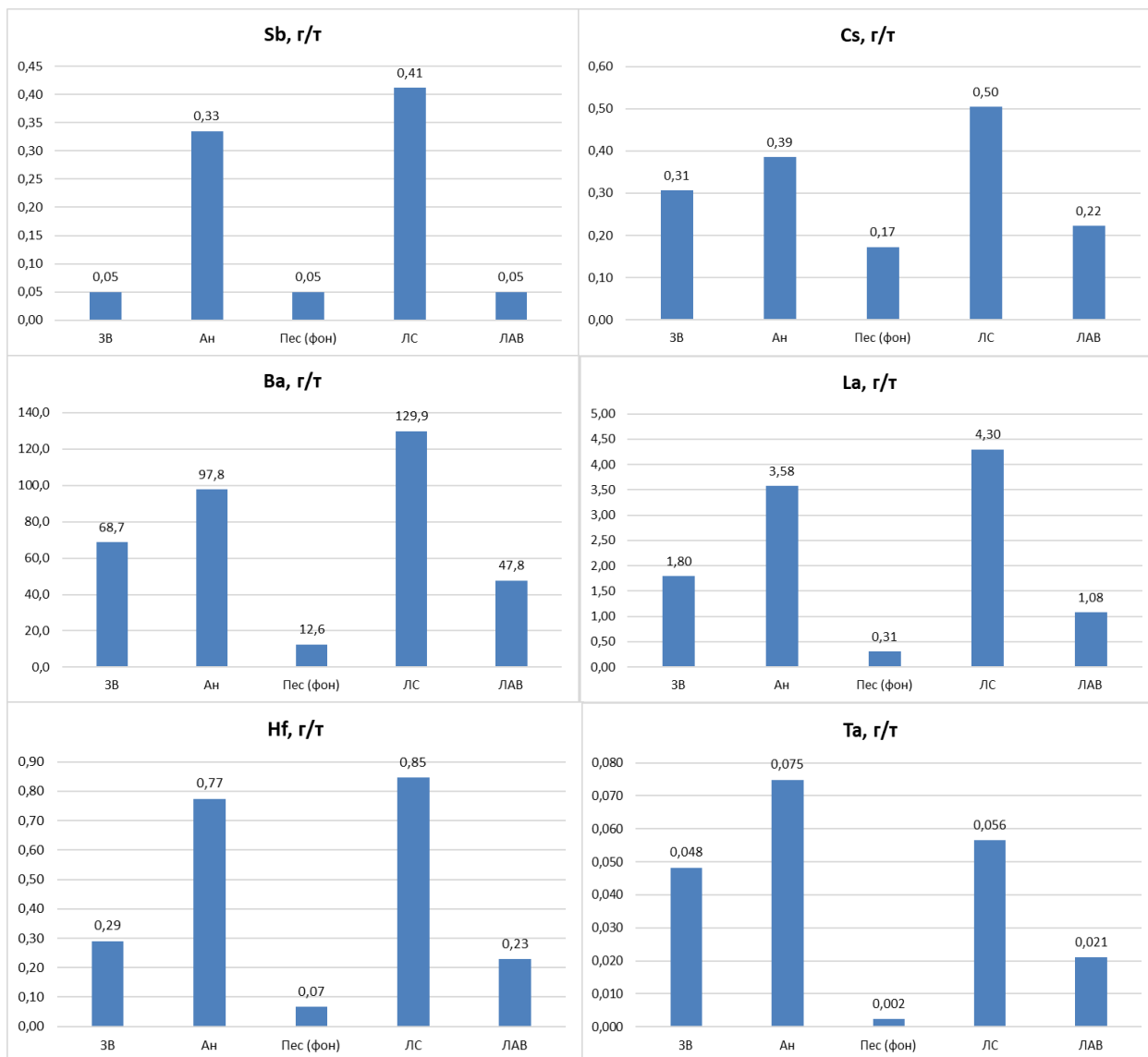


Рисунок 16 – Содержание химических элементов (Sb, Cs, Ba, La, Hf, Ta) в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

Примечание: ЗВ – пос. Заварзино; Ан – пос. Аникино; Пес (фон) – оз. Песчаное (Тимирязево); ЛС – Лагерный сад г. Томска; ЛАВ – д. Лаврово.

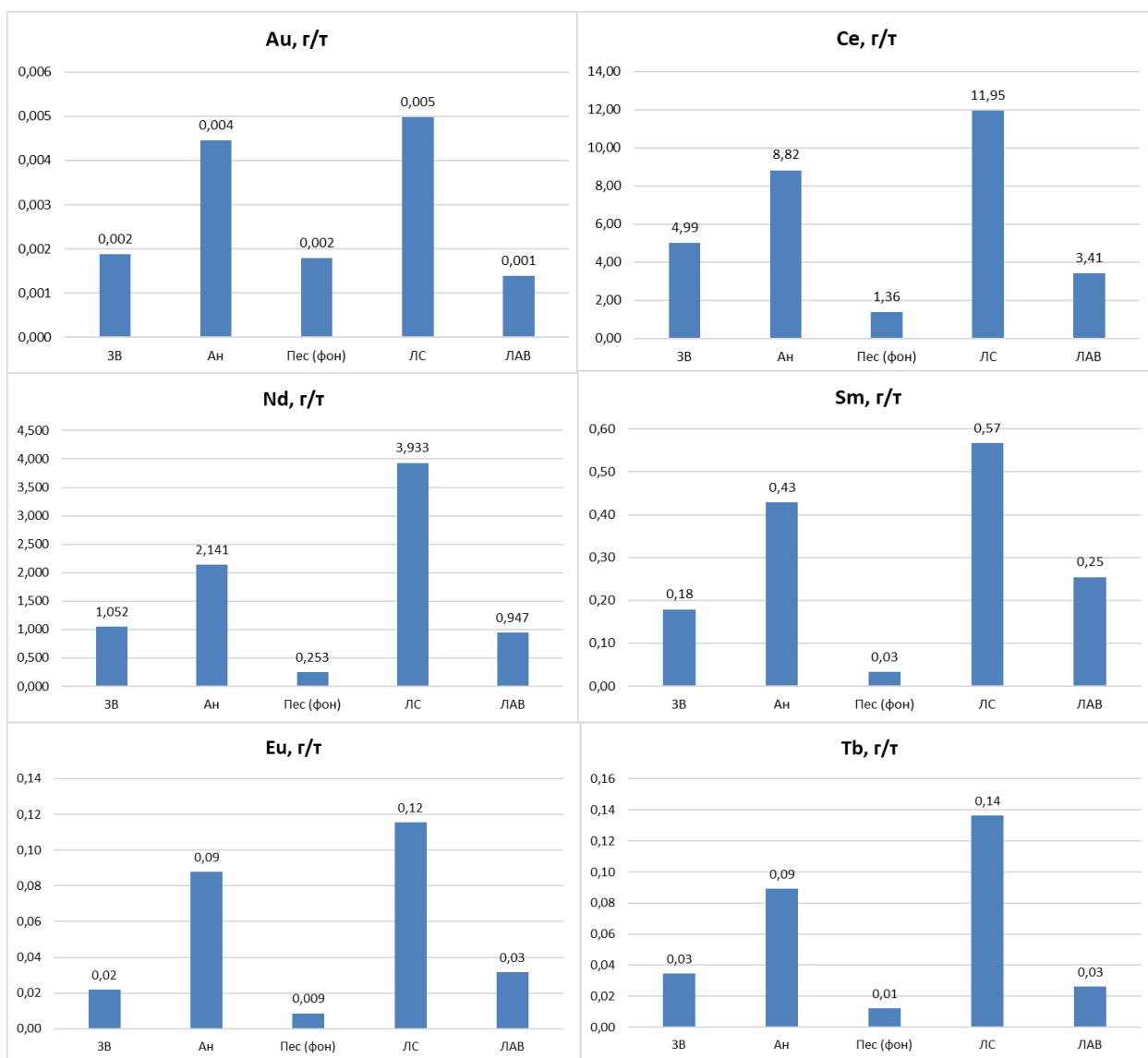


Рисунок 17 – Содержание химических элементов (Au, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb) в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

Примечание: ЗВ – пос. Заварзино; АН – пос. Аникино; Пес (фон) – оз. Песчаное (Тимирязево); ЛС – Лагерный сад г. Томска; ЛАВ – д. Лаврово.

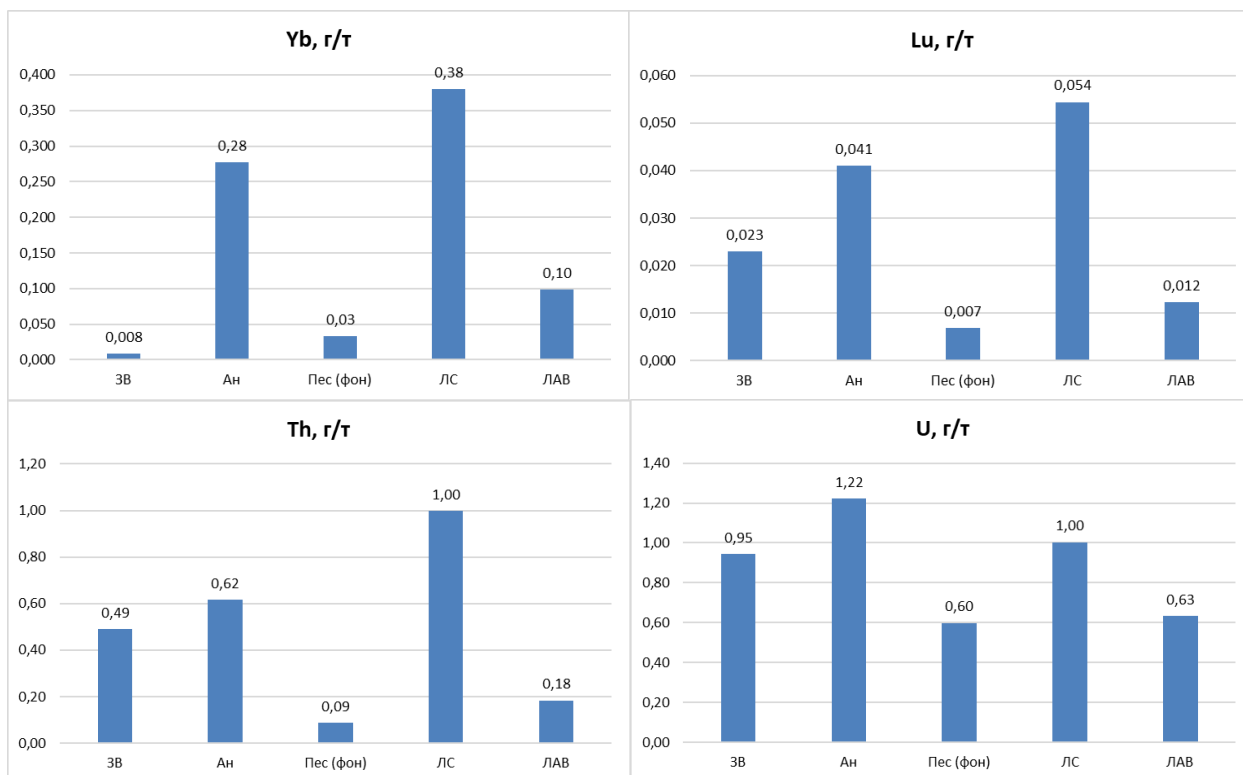


Рисунок 18 – Содержание химических элементов (Yb, Lu, Th, U) в эпифитных мхах рекреационных зон Томского района

Примечание: ЗВ – пос. Заварзино; АН – пос. Аникино; Пес (фон) – оз. Песчаное (Тимирязево); ЛС – Лагерный сад г. Томска; ЛАВ – д. Лаврово.

Стоит отметить, что наибольшие концентрации для изучаемой территории наблюдаются в пробах мха из Лагерного сада, расположенного в черте города Томска, близ которого располагается автодорога и в пробах пос. Аникино, вблизи которого также располагается крупная автодорога, и который также находится в зоне влияния аэропорта г. Томска.

Рекреационная зона у оз. Песчаное (Тимирязево) может рассматривать как условно фоновая территория, ввиду отсутствия крупных дорог и наличия большого лесного массива, создающего естественную преграду от атмосферного выпадения загрязнителей от предприятий г. Томск. Единственное исключение составляет содержание Rb в условно фоновой точке (оз. Песчаное), которое значительно выше, чем в других исследуемых

рекреационных зонах Томского района. Такая аномалия может быть связана с природными источниками воздействия на данную территорию.

В пробах Лагерного сада превышений условно фоновых концентраций не наблюдается только для Sr, Ag и Rb, в остальном наблюдаются как незначительные превышения в 1,5-2 раза (Lu, U, Yb, Au, Hf, As, Br, Cs, Sc, Co, Na, Eu), так и более значительные превышения в 10 раз (Sm, Ca, Th, Cr, Nd, Br, Ta, Sb) и даже в 100 раз (Cr, Ce, Ba, Zn). Такие высокие значения уровней концентраций почти всех элементов могут быть связаны с многокомпонентным воздействием города в целом, это и деятельность промышленных объектов, и выбросы от автотранспорта.

Кроме того, в пробах пос. Заварзино наблюдаются незначительные превышения Na, Ca, Cr, Fe, As, La, Hf, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Lu, но также некоторые элементы характеризуются значительными превышениями фоновых концентраций в несколько десятков раз Sc, Co, Zn, Br, Cs, Ba, Ta, Th, U.

В пробах пос. Аникино наблюдаются превышения схожего спектра элементов с пробами Лагерного сада. В частности, весьма схожими концентрациями характеризуются Na, Ca, Fe, Co, Br, La, Hf, Ta, Au, Nd, Lu, U. Такой схожий спектр элементов объясняется общим источником воздействия на эти два населенных пункта. И, вместе с тем, в пробах пос. Аникино наблюдаются несколько большие уровни содержания Br, Ta и U, в сравнении с пробами Лагерного сада. Такие высокие концентрации могут быть связаны с воздействием на атмосферный воздух пос. Аникино авиационного транспорта (вблизи населенного пункта расположен аэропорт «Аэропорт Томск»).

Построенные диаграммы наглядно показывают схожесть спектров химических элементов в населенных пунктах Томского района, это еще раз нам говорит о том, что промышленная деятельность предприятий Томского района оказывает прямое воздействие на окружающую среду всего района. Также следует отметить, что существенный вклад вносит и обильные выбросы тяжелых металлов от автотранспорта.

Сравнивая геохимические ассоциации элементов в рамках настоящих исследований (Ta – Cr – Sm – Zn – La – Sc – Hf – Nd – Eu – Na – Ba – Th – Yb – Ce – Lu – Fe – Sb – Ca – As – Co – Cs – Au – U – Br – Ag – Sr – Rb) с данными снеговой съемки на территории г. Томска (U – редкоземельные элементы – Ba – As – Na – Ag – Br) [58], можно отметить что они в целом отличаются друг от друга, но и также имеют некоторую схожесть. Например, по данным снеговой съемки наибольшими концентрациями характеризуются уран, который по данным настоящих исследований имеет наименьшую концентрацию. Концентрации некоторых редкоземельных элементов по данным обоих исследований имеют сравнительно высокие концентрации. И, вместе с тем, совпадает расположение Ag и Br в обоих геохимических ассоциациях, которое говорит о том, что данные элементы по данным снеговой съемки и по данным настоящих исследований имеют наименьшие концентрации на исследуемой территории. В общей картине обе геохимические ассоциации фиксируют наиболее распространённые в городе типы источников загрязнения – топливно-энергетический комплекс, стройиндустрию, предприятия по металлообработке и автотранспорт.

В целом, по данным геохимической ассоциации, выявленной в ходе настоящих исследований, можно сказать, что на территории г. Томска и пригорода концентрируются элементы широкого спектра, присутствие которых в пробах может обуславливаться комплексным антропогенным воздействием.

Сравнивая полученные данные со средними содержаниями химических элементов в эпифитных мхах по Томской области [51], примечательно, что в пробах Томской области в целом содержания большинства химических элементов выше, чем в рекреационных зонах Томского района, это такие элементы как Sb, Sm, Fe, Ca, Cr, Zn, Ba, Sr, Na, La. Но, вместе с тем, содержания некоторых элементов в пробах Лагерного сада выше, чем по области, и это у таких элементов как Th, Co и As, а содержания Cs в пробах Лагерного сада и области одинаковы. Кроме того, содержания Br

в Аникино и содержания Rb в пробах оз. Песчаное (условный фон) несколько выше уровня содержания этих же элементов в пробах Томской области.

Сравнивая данные полученные в ходе настоящих исследований с данными Гапеевой М.В. и др. [14] по содержанию некоторых элементов в зеленых мхах на территории европейской части России, конкретно в Архангельской, Вологодской, Владимирской, Нижегородской и Ярославской областях, можно сказать о том, что концентрации почти всех химических элементов в исследуемых пунктах Томского района значительно превышают концентрации этих же элементов в европейской части России. В данном случае следует учитывать видовой состав исследуемых мхов. Ввиду отсутствия данных по содержаниям химических элементов в эпифитных мхах, сравнение приводится для проб зеленых мхов вида *Pleurozium Schreberi*. Стоит также отметить, что концентрации по некоторым элементам у оз. Песчаного, где наблюдаются самые низкие концентрации химических элементов, несколько выше, чем концентрации в европейской части России (Co, As, Rb, Sr, Ag, La, Ce, Nd, Eu, Tb, Yb, Th, U). Но, несмотря на это, концентрации отдельных элементов в некоторых населенных пунктах близки к концентрациям европейской части, к примеру, схожи концентрации Sr в пос. Аникино, Sb и Yb в пос. Заварзино и д. Лаврово.

В работе [14] отмечается, что большинство тяжелых и редкоземельных металлов, концентрации которых максимальны, имеют сугубо антропогенный источник поступления в окружающую среду, а наличие либо отсутствие аномалий редкоземельных элементов (чаще всего Ce и Eu) также может указывать на природные источники поступления металлов в атмосферу [76].

## **Глава 6. Социальная ответственность при исследовании концентраций химических элементов в эпифитных мхах Томского района**

В числе приоритетных целей Генерального соглашения между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы - это обеспечение нового, более высокого уровня жизни граждан Российской Федерации.

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – это 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 (ГОСТ Р ИСО 26000 – 2012) [98].

Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде производственной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Рабочие места расположены в лаборатории (539 ауд.) и аудитории (541 ауд.) на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ, Ленина 2/5), имеют естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы (окна), искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения. Площадь на одно рабочее место с ПК с жидкокристаллическим монитором составляет не менее 4,0 м<sup>2</sup>, а объем на одно рабочее место – не менее 10 м<sup>3</sup>. В кабинете расположены 10 компьютеров с жидкокристаллическими мониторами Samsung Sync Master 713N диагональю 17 дюймов (яркость 85%, контрастность 80%, с частотой обновления 60 Hz и разрешением 1280×1024).

## 6.1. Производственная безопасность

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении лабораторных и камеральных работ описаны в таблице 7 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 [99].

Таблица 7

Основные элементы производственного процесса камеральных работ, формирующие опасные и вредные факторы при изучении свойств мха

Этапы работ	Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74) [99]		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
Лабораторно-аналитические исследования, камеральные работы	Проведение пробподготовки для аналитического анализа в лаборатории, путем обработки проб на электрической кофемолке.  Обработка результатов анализа, построение графического материала, набор текста на компьютере марки Samsung Sync Master713N	1. Отклонение параметров микро-климата в помещении	1.Электрически й ток  2.Пожарная и взрывная опасность	ГОСТ 12.1.005-88 [100] ГОСТ 12.1.019-79 [101] ГОСТ12.1.004-91 [109] ГОСТ 12.1.030-81 СанПиН 2.2.4.548-96 [112] СНиП 23-05-95 [118] СНиП 2.04.05-91 [119] ПНД Ф 12.13.1-03 [111]
		2.Повышенная запыленность и загазованность помещений		
		3.Недостаточная освещенность рабочей зоны		
		4.Повреждение химическими реактивами, стеклянной посудой		
		5. Превышение уровня шума		

### 6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

#### 1. Отклонение показателей микроклимата в помещениях

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [114], микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется



действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры окружающих поверхностей.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [115] содержит конкретные санитарно-гигиенические требования к микроклимату в помещениях. В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата.

## 2. Повышенная запыленность и загазованность помещений

Данный фактор имеет место на этапе лабораторно-аналитических исследований. При подготовке проб мха к анализу предусматривается их измельчение на электрической кофемолке, что приводит к пылеобразованию.

ГОСТ 12.1.005-88 [100] устанавливает предельное содержание главного компонента пыли – диоксида кремния в воздухе рабочей зоны. Предельно допустимые концентрации следующие: 2 мг/м<sup>3</sup> для кристаллического диоксида кремния при содержании в пыли от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.); 4 мг/м<sup>3</sup> - при содержании в пыли от 2 до 10 % (горючие кукерситные сланцы, медно-сульфидные руды и др.).

Для предотвращения воздействия пыли на организм человека необходимо предпринимать специальные меры: использование средств индивидуальной защиты (к примеру, респираторы); проведение регулярных влажных уборок. Большое значение имеет вентиляция и кондиционирование. Согласно СНиП 2.04.05-91 [119], в помещениях с выделениями пыли приточный воздух следует подавать струями, направленными сверху вниз из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне.

## 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны несет в себе опасность усталости глаз и как следствие снижения зрения. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее

место при естественном освещении. Естественное освещение осуществляется через светопроемы (окна), ориентированные на восток.

Искусственное освещение подразделяется на общее и местное. При работе с документами допускается применение системы комбинированного освещения. При общем освещении светильники устанавливаются в верхней части помещения параллельно стене с оконными проемами, что позволяет их включать и отключать последовательно в зависимости от изменения естественного освещения. Выполнение таких работ, как, например, обработка документов, требует дополнительного местного освещения, концентрирующего световой поток непосредственно на орудия и предметы труда. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должен быть 300-500 лк [118].

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Допускается применение лампы накаливания в светильниках местного освещения.

#### 4. Повреждение химическими реактивами, стеклянной посудой

В ходе проведения пробподготовки эпифитных мхов к аналитическим исследованиям используется пинцет, кофемолка, агатовая ступка. Для обеспечения получения достоверных результатов по уровню концентраций химических элементов и во избежание попадания в пробы посторонних примесей (грязи, частичек пыли или органики с кожи) все приборы и вспомогательные материалы обрабатываются этиловым спиртом (ПДК 1000 мг/м<sup>3</sup>) [95].

При вдыхании паров этилового спирта наступает реакция местного раздражения слизистых, а после всасывания в кровоток - системное отравление организма. Пострадавший жалуется на головокружение, тошноту, ощущение тумана перед глазами из-за сильной интоксикации. Кроме этого, резко снижается острота зрения, появляются боли в правом подреберье. В данном случае нужно хорошее проветривание и поступление свежего воздуха в

помещение. В редких случаях использование защитных приспособлений (респираторов и т.д.).

### 5. Превышение уровня шума

Основным источником шума служит кофемолка, с помощью которой осуществляется измельчение проб эпифитных мхов. Также источником шума может служить охлаждающий вентилятор компьютера.

Повышенный уровень шума на рабочем месте может привести: к раздражительности, головным болям, быстрой утомляемости, нарушению слуха, возникновению профессиональных заболеваний.

Шумовое воздействие нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». Работы в условиях воздействия уровня шума выше 60 дБ не допускаются [97].

При воздействии шума, превышающего 60 дБ, необходимо минимизировать возможные негативные последствия.

### *6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению*

#### 1. Электрический ток

Электрические установки (компьютер, принтер, оборудование для анализа проб, сканер, настольные лампы, розетки, провода и др.) представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

Опасным напряжением для человека является 42 В, а опасным током – 0,01 А [104]. По опасности поражения электрическим током помещения с ПК и лаборатория относятся к категории без повышенной опасности (согласно ПУЭ [112]).

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [115], помещения, где размещаются рабочие места с ПК, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Не следует размещать рабочие места с ПК вблизи силовых

кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПК.

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, т.е. соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [110], правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей [110] (ПТЭ и ПТБ потребителей) и Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [113].

Основные нормативные акты, устанавливающие требования электробезопасности являются ГОСТ 12.1.019 -79 [102] и ГОСТ 12.1.038-82 [103].

## 2. Пожарная и взрывная безопасность

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности при пожаре, являются [120]:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей и материальные ценности, относятся: осколки, части разрушившихся аппаратов, конструкций; радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок; электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов.

Общие требования пожарной безопасности к объектам защиты различного назначения на всех стадиях их жизненного цикла регламентируются Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) [120].

По пожарной и взрывной опасности, (согласно НПБ 105-03) [109], помещения с ПК и лаборатория относятся к категории В1-В4

(пожароопасные): твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б (в помещениях преобладает деревянная мебель и пол).

К зданиям, в которых расположены лаборатория и помещения с ПК, предъявляются следующие общие требования [115]:

- наличие инструкций о мерах пожарной безопасности;
- наличие схем эвакуации людей в случае пожара;
- система оповещения людей о пожаре.

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа.

В помещении с ПК имеются электрические приборы, которые могут стать причиной возникновения пожара, а также деревянная мебель, пластиковые жалюзи, способные поддержать возникший пожар. Для предотвращения возникновения подобных случаев и обеспечения правильных действий во время пожара существует «Инструкция о мерах пожарной безопасности для офисов». Данная инструкция содержит информацию об общих требованиях пожарной безопасности, требованиях безопасности перед началом работы, во время и после окончания работы; регламентирует действия рабочих и служащих в случае пожара; в ней описаны средства пожаротушения и порядок их применения.

К первичным средствам пожаротушения относятся несколько видов огнетушителей: ОУ-2, ОУ-5. Помещение лаборатории должно соответствовать требованиям пожарной безопасности [120].

В лаборатории обязательно нужно иметь огнетушитель, который должен висеть на доступном месте. Обращение с ним очень простое, и описание имеется на каждом огнетушителе.

Противопожарный инструктаж в здании проводит ответственный за

пожарную безопасность, на которого приказом возложены эти обязанности. О проведении противопожарного инструктажа делают запись в журнале регистрации противопожарного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

### *6.2. Экологическая безопасность*

Определение уровней содержания элементов-примесей в эпифитных мхах производилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИННА) в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ТПУ) на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

В ходе исследований методом ИННА пробы мхов облучаются в реакторе потоком тепловых нейтронов, в следствие чего проба полностью сгорает, тем самым не образуя отходы. Следовательно, исследование проб эпифитных мхов не несет вред окружающей среде (атмосфере, гидросфере, литосфере).

### *6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях*

В ходе проведения данных исследований пробы отбирались на открытых местностях природно-рекреационных зон населенных пунктов Томского района. В связи с чем, в период проведения отбора проб на открытой местности есть вероятность возникновения взрывов и пожаров.

Запрещается [107]:

- бросать горящие спички, окурки;
- оставлять в лесу промасленный либо пропитанный бензином, керосином и иными горючими веществами обтирочный материал в непредусмотренных специально для этого местах;
- заправлять горючим в лесу топливные баки двигателей внутреннего сгорания при работе двигателя, использовать машины с неисправной системой питания двигателя горючим, а также курить или пользоваться открытым огнём вблизи машин, заправляемых горючим.

#### 6.4. Правовые и организационные решения обеспечения безопасности

Лаборатория в Томском Политехническом университете полностью удовлетворяет требованиям, которые описаны ранее. В лаборатории две комнаты, используется в основном одна комната, где проводится высушивание, измельчение и упаковка проб. В лабораториях данного типа нужно учитывать следующие факторы: прохождение инструктажа по работе в лаборатории и по работе с оборудованием.

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности являются: Конституция РФ и Трудовой кодекс РФ. Конституция РФ обладает высшей юридической силой и закрепляет права и свободу человека и гражданина. Трудовой кодекс РФ, определяет трудовые отношения между работником и работодателем. Нормы рабочей недели прописаны в законе (Трудовой Кодекс) и в трудовых договорах [121].

Таблица 8

Основные права и обязанности работника и работодателя [121]

<b>Работник</b>	<b>Работодатель</b>
Права	Обязанности
1. На предоставление работы, обусловленной трудовым договором, рабочего места, соответствующего условиям госстандартов, безопасности труда	1. Предоставлять работнику работу, обусловленную трудовым договором; обеспечить безопасность труда и условия, отвечающие требованиям охраны труда и гигиены труда
2. На своевременную и в полном объеме выплату заработной платы	2. Выплачивать в полном размере и в установленные сроки причитающуюся работнику заработную плату
3. На отдых (ежедневный, еженедельный, ежегодный)	3. Соблюдать нормативные акты, регулирующие вопросы отдыха работника
4. На возмещение вреда, причиненного в связи с исполнением трудовых	4. Возмещать вред, причиненный работнику в связи с исполнением трудовых
5. На обязательное социальное страхование, предусмотренное федеральными законами	5. Осуществлять обязательное социальное страхование работника

## **Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### *7.1. Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема работ*

В ходе проведения настоящих исследований территории города Томска и Томского района необходим отбор проб эпифитного (древесного) мха, с последующим изучением химического состава проб методом инструментального нейтронно-активационного анализа.

Пробы отбирались на равнинной местности с коэффициентом проходимости 1 (ССН вып.2, табл.5 [54]).

Был совершен выезд на места отбора проб совокупной протяженностью 142 км. Всего было 5 точек отбора проб, в таких населенных пунктах (точках отбора), Аникино, Тимирязево, Лаврово, Лагерном саду было отобрано по 3 пробы эпифитного мха; в пос. Заварзино была отобрана одна проба. Всего было отобрано 13 проб. Также был проложен маршрут по отбору проб мха на каждой точке отбора. Пробы эпифитного мха отбирались с расстоянием 20 м друг от друга. Совокупная протяженность маршрутов составила 0,26 км.

В ходе проведения работ были использованы подрядные работы для определения уровней содержания элементов-примесей методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИННА) в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ТПУ) на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

В план выполняемых работ в рамках настоящих исследований входит несколько этапов:

1) Организационный этап работ: на данной стадии работ осуществляется рассмотрение и формирование маршрутов выездов на полевые работы для отбора проб, формирование подразделения научно-техническим персоналом, снабжение исследовательской группы необходимыми материалами и оборудованием.



2) Полевой этап работ: на данном этапе работ проводится отбор проб эпифитного мха биогеохимическим методом.

3) Камеральный этап работ: на данном этапе осуществляется сбор и анализ информации о территории исследования и районе ее расположения, обработка данных лабораторных исследований, проводится анализ полученных таблиц с содержаниями химических элементов в пробах, далее проводится анализ источников поступления элементов-примесей в пробы и характер их проявления. После этого осуществляется систематизация данных, оформляется общий отчет.

Технический план проводимых исследований с объемом и условиями работ представлен в таблице 9.

Таблица 9

Технический план проводимых работ

№	Вид работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Единицы измерения	Количество		
1	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом	км	0,26	Категория проходимости местности - 1	Карта, ручка, блокнот, GPS-навигатор
2	Биогеохимическое исследование с отбором проб мха и торфа	Проб	13	Отбор проб на изучаемых объектах (рекреационные зоны населенных пунктов г. Томска и Томского района) и на фоновом участке.	Перчатки, пакеты, маркер, лопатка
3	Камеральные работы	Проб	13	Обработка данных и анализ материала	Компьютер (ЭВМ)

Перед осуществлением расчета стоимости работ необходимо планирование и составление графика работ. Отбор проб в рамках настоящих исследований проводился в летне-осенний период 2015 и 2016 гг. Полный график работ представлен в таблице 10.

Таблица 10

График проведения работ

Виды работ	Сроки проведения работ			
	2015 г.		2016 г.	
	июль	август	август	сентябрь
Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом	+	+	+	
Биогеохимическое исследование с отбором проб эпифитного мха	+	+	+	
Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)		+	+	
Камеральные работы с использованием ЭВМ				+

### 7.2. Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда использовались нормы, изложенные в ССН выпуск 2 «Геолого-экологические работы». Из этого справочника взяты следующие данные:

Все работы были выполнены ведущим специалистом геоэкологом и рабочим. Используя технический план, в котором указаны все виды работ, определялись затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах (табл. 11).

Таблица 11

## Расчет затрат времени труда

№ п/п	Виды работ	Объем		Норма длительности	Коэфф.	Нормативный документ	Итого, смен
		Ед. изм	Кол.во				
1	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом	км	0,26	0,005876	1	ССН, вып.2, табл.42, стр. 50	15,2776
2	Биогеохимическое исследование с отбором проб мха	Проб (шт)	13	0,1054	1	ССН вып.2, п. 81, стр. 49	1,3702
3	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	Проб (шт)	13	0,0276	-	ССН вып.2, табл.59, стр.68	0,3588
	Камеральные работы с использованием ЭВМ			0,0401		ССН вып.2, табл. 61, стр.73	0,5213
<b>Итого:</b>							<b>17,5279 смен</b>

Во время изучения элементного и вещественного состава мхов были задействованы один рабочий и один специалист-геоэколог. Рабочий занимался непосредственно отбором проб мха, вся остальная работа в исследовании легла на геоэколога. Расчет затрат времени труда для каждого рабочего представлен в 12 таблице.

Таблица 12

## Расчет затрат времени труда каждого рабочего

№	Виды работ	Т, смен	Геоэколог	Рабочий 1 разряда
			чел/смен	чел/смен
1	Эколого- геохимические работы биогеохимическим методом	10,25	10,25	10,25
2	Камеральная обработка материалов	7,28	7,27	0,01
Итого, смен:		17,53	17,52	10,26

## 7.3. Нормы расхода материала

Нормы расхода материалов для биогеохимических, лабораторных и камеральных работ также определялись согласно ССН, выпуск 2, а также с использованием инструкций и методических рекомендаций. Результаты расчета затрат на материалы представлены в таблице 13.

Таблица 13

## Расходы материалов

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	ССН	Сумма, руб.
<b>Полевые работы</b>					
Перчатки	шт.	48	2	ССН, вып. 2, табл. 49	96
Перманентный маркер	шт.	67	1	-	67
Пакеты полиэтиленовые	шт.	10	12	ССН, вып. 2, табл. 50	120
<b>Итого по полевым работам:</b>			<b>283</b>		
<b>Камеральные работы</b>					
Бумага офисная	пачка (100 листов)	450	0,25	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 2	112,5
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	12	2	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 19	24

Стержень для ручки шариковой	шт.	10	2	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 22	30
<b>Итого по камеральным работам, руб.:</b>	<b>166,5</b>				
<b>ИТОГО, руб.:</b>	<b>449,5</b>				

#### *7.4. Расчет затрат на подрядные работы*

Т.к. анализ проб на качественное и количественное содержание химических элементов в пробах производился в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ТПУ) на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ, необходим расчет затрат на подрядные работы, который представлен в таблице 14.

Таблица 14

Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Сумма, руб.
1	Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИННА)	13	2500	32500
<b>ИТОГО, руб.:</b>		<b>32 500</b>		

#### *7.5. Расчет амортизационных отчислений*

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Расчет амортизационных отчислений (за год) представлена таблице 15.

Таблица 15

## Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол- во	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма амортизаци и, %	Время полезного использования, %	Сумма амортизации, руб. (за год)
		Одного объекта	всего			
Компьютер (ЭВМ)	1	54 000	54 000	10	100	5 400
<b>ИТОГО за период проведения исследований, руб.:</b>						<b>450</b>

## 7.6. Общий расчет сметной стоимости

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Сумма доплат рабочим равняется 7,9% от суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3%. Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлены в таблице 16.

Таблица 16

## Сметно-финансовый отчет

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб.	Районный коэффициент	Сумма основных расходов, руб.
Основная заработная плата:						
Геоэколог	1	чел-см	10,25	800	1,3	10660
Рабочий	1	чел-см	7,28	400	1,3	3786
<i>ИТОГО:</i>	2		17,53			14446
Дополнительная зарплата:	7,9%					1141
<i>ИТОГО:</i>						15587
<i>ИТОГО с р.к. =</i>	1,3					20263
Страховые взносы:	30%					6079
<b><i>ИТОГО, руб.:</i></b>						<b>26 342</b>

Отбор проб эпифитного мха осуществлялся выездами в районы, где проводилось геохимическое изучение территории. Совокупная протяженность выездов на места отбора проб составила 142 км (в обе стороны). Транспортировка рабочих и оборудования производилась на автомобиле с

дизельным двигателем, расход бензина которого составляет 12 л/100км. За всё время пути (в обе стороны) было израсходовано 17 литров дизельного топлива, стоимость которого составляет 37 рублей. Общая стоимость транспортировки персонала и грузов составила 629 рублей.

Далее следует общий расчет затрат на производство работ. Общий расчет сметной стоимости всех работ отображен в таблице 17.

Таблица 17

Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Количество	
<b>I</b>	<b>Основные расходы на геоэкологические работы</b>			
1	Проектно-сметные работы (затраты на оплату труда)		26 342	
2	Камеральные работы (материальные + подрядные затраты)		32 949,5	
3	Транспортные расходы		629	
4	Амортизационные отчисления (за период проведения работ)		450	
<i>Итого основных расходов (ОР):</i>			<i>60 370,5</i>	
<b>II</b>	<b>Накладные расходы</b>	% от ОР	15	9 055,6
<i>Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)</i>			<i>69 426</i>	
<b>III</b>	<b>Плановые накопления</b>	% от НР+ОР	20	13 885,2
<b>IV</b>	<b>Резерв</b>	% от ОР	3	1 811,2
<i>Итого сметная стоимость</i>			<i>85 122,4</i>	
НДС		%	18	15 322,1
<b>Итого с учётом НДС, руб.:</b>			<b>100 444,5</b>	

Таким образом, стоимость исследований уровня содержания химических элементов в эпифитных мхах на территории рекреационных зон города Томска и населенных пунктов Томского района составляет 100 тысяч 445 рублей.

## Заключение

Изучение особенностей накопления химических элементов эпифитными мхами, произрастающими на коре деревьев, позволило получить комплексную эколого-геохимическую оценку исследуемых рекреационных зон г. Томска и населенных пунктов Томского района.

Краткие выводы по результатам выпускной квалификационной работы:

1. По результатам инструментального нейтронно-активационного анализа в исследуемых пробах эпифитного (древесного) мха было выявлено 28 химических элементов.

2. Наибольшими концентрациями многих элементов, в сравнении с фоновыми и литературными данными, характеризуются пробы мха с Лагерного сада г. Томска и с пос. Аникино (Томский район). Значительно (в 100 раз) превышены концентрации Cr, Ce, Ba, Zn, Br, Ta, U, и в 10 раз превышены концентрации Sm, Ca, Th, Cr, Nd, Br, Ta, Sb.

3. Анализ геохимической ассоциации по данным снеговой съемки и ассоциации по данным опробования эпифитных мхов показал повторяемость некоторых групп химических элементов, в частности некоторых металлов, редкоземельных и радиоактивных. Это подтверждает схожесть источников воздействия как на территорию г. Томска, так и на окрестные населенные пункты.

4. При сравнении полученных данных по Томскому району с данными по Томской области примечательно, что в пробах Томской области в целом содержания большинства химических элементов выше (Sb, Sm, Fe, Ca, Cr, Zn, Ba, Sr, Na, La), чем в рекреационных зонах Томского района. Но, вместе с тем, содержания Th, Co и As в пробах Лагерного сада и содержания Br в пос. Аникино выше, чем по области. Это может быть связано с воздействием локальных источников загрязнения.

По результатам работы, можно сказать, что эпифитные (древесные) мхи, благодаря своим особенностям, способны аккумулировать напрямую из



атмосферного воздуха загрязняющие вещества широкого спектра. Несомненным плюсом использования мхов в качестве биомониторов является их способность накапливать в себе загрязнения на протяжении всей жизни (2-3 года), что позволяет использовать их круглый год, в отличие от сезонных депонирующих сред (снежный покров, листья и т.д.). Исходя из этого мхи являются идеальными биомониторами загрязнения атмосферного воздуха и могут быть использованы в экологических мониторингах различного масштаба.

## Список использованной литературы

### Опубликованная:

1. Анищенко Л.Н., Сафранкова Е.А. Биоразнообразие и экологическая информативность брио- и лишенофлоры урбоэкосистем в биомониторинге // в сборнике: Экологические проблемы промышленных городов Сборник научных трудов по материалам 6-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Е.И. Тихомировой. – 2013. – С. 147-150.
2. Анищенко Л.Н., Шапурко В.Н., Сафранкова Е.А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями и лишайниками в условиях сочетанной антропогенной нагрузки // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-7. – С. 1527-1531.
3. Ашихмина Т.Я., Тимонюк В.М. Мох *Pleurozium Schreberi* как биоиндикатор загрязнения атмосферы // Естествознание и гуманизм: Сб. научных трудов / под ред. проф., д.м.н. Н.Н. Ильинских. – 2008. – Т. 5. – №1. – С. 112–113.
4. Бабешина Л.Г. Сфагновые мхи Западно-Сибирской равнины: морфология, анатомия, экология и применение в медицине: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 2011. – 38 с.
5. Бардунов Л. В. Древнейшие на суше. Новосибирск: изд. «Наука» Сибирское отделение, – 1984. – 157 с.
6. Безель В. С., Жуйкова Т. В. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов надземной фитомассой травянистой растительности // Экология. – 2007. – № 4. – С. 259-267.
7. Белкина О.А. Листостебельные мхи антропогенных местообитаний Мурманской области / О.А. Белкина. Ботан. журн. – 2001. – № 11. – Т. 86. – С. 21-36.

8. Богданова Я.А., Корчиков Е.С., Прохорова Н.В. О выявлении экологических оптимумов мохообразных // Самарский научный вестник. – 2016. – № 1 (14). – С. 10-14.
9. Болюх В.А., Вирченко В.М. Накопление радионуклидов мхами Украинского полесья // Укр. ботан. журн. – 1994. – Т. 51. – № 4. – С. 39-45.
10. Вардуни Т.В., Минкина Т.М., Горбов С.Н., Манджиева С.С., Омельченко Г.В., Шиманская Е.И., Вьюхина А.А., Тагивердиев С.С., Сушкова С.Н., Абрамова Т.И., Колина Е.А. Анализ содержания тяжелых металлов в пилезии многоцветковой (*pylaysia polyantha*), произрастающей в г. Ростов-на-Дону // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С. 77-90.
11. Волостнов А.В. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: учебное пособие / А.В. Волостнов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2010. – 162 с.
12. Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф., Эрвье Ю.Ю. Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны. – Томск: Изд-во Томского университета. – 1987. – 96 с.
13. Гапеева М.В., Долотов А.В., Чемерис Е.В. Возможности использования мхов (*fontinalis antipyretica* hedw. и *pylaysia polyantha* (hedw.) bruch et al.) в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Экология. – 2010. – № 1. – С. 31-34.
14. Гапеева М.В., Филиппов Д.А., Ложкина Р.А. Тяжелые металлы, в том числе и редкоземельные во мхах Северо-Западного и Центрального регионов России // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №5. – С. 633.

15. География Томской области (Под ред. А. А. Земцова). – Томск: Изд-во Томского университета. – 1988. – С. 246.
16. География Томской области: население и хозяйство: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет. – 2005. – С. 168.
17. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2016 году» / глав. ред. Ю. В. Лунева, редкол.: Ю. В. Лунева, Н. А. Чатурова; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». – Ижевск: ООО «Принт-2». – 2017 – 160 с.
18. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Томской области в 2016 году». – Томск. – 2017. – 183 с.
19. Даувальтер В. А. Мониторинг загрязнения реки Печоры // Современные экологические проблемы Севера. Мат-лы междунар. конф. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. – 2006. – Ч. 1. – С. 169-171.
20. Дюкарев А.Г. Земельные ресурсы / / Природные ресурсы Томской области. – Новосибирск. – 1991. – С. 7-25.
21. Евсеева Н.С. География Томской области. (Природные условия и ресурсы.). – Томск: Изд-во Томского университета. – 2001. – 223 с.
22. Зеликсон Б. С. Биогеохимические ореолы золоторудных месторождений и их поисковое значение // Сборник тезисов и докладов, Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, Москва. – 2015. – С. 21-22.
23. Иванов А.И. Агарикомицеты Приволжской возвышенности. Порядок *Boletales*, РИО ПГСХА, – 2014. – 176 с.
24. Иванов А.И., Горохова А.Г., Андреева М.И. Структура и функционирование экосистем в естественных и антропогенных условиях // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2015. – № 5 (27). – С. 15-20.

25. Королева Ю.В. Биоиндикация атмосферных выпадений тяжелых металлов на территории Калининградской области // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – 2010. – Вып. 7. – С. 39–44.
26. Королева Ю.В. Использование мхов *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi* для оценки абсолютных выпадений тяжелых металлов в Калининградской области / Ю.В. Королева // Вестн. Рос. гос. ун-та. – 2006. – №7. – С. 29-34.
27. Королева Ю. В., Пухлова И. А. Новые данные о биоконцентрировании тяжелых металлов на территории Балтийского региона // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – №1 – С. 99-106.
28. Кузнецова И.А., Холостов С.Б. Листостебельные мхи как биоиндикаторы нефтяного загрязнения природной среды района падения отделяющихся частей ракет-носителей // Успехи современного естествознания. – 2013. – №6. – С. 98 – 101.
29. Летувнинкас А.И. Антропогенные геохимические аномалии и природная среда: учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ. – 2002. – 290 с.
30. Лялин В.Г., Куранова В.Н. Животный мир, его использование и охрана // Природные ресурсы Томской области. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. – 1991. – С. 136-145.
31. Матяшенко Г. В., Чупарина Е. В., Финкельштейн А. Л. Мхи *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi* как индикаторы атмосферного загрязнения побережья Южного Байкала // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: – XI Международная научно-практическая конференция. (Барнаул, 28–31 августа 2012 г.). – С. 135-138.
32. Межибор А.М., Большунова Т.С. Биогеохимическая характеристика сфагновых мхов и эпифитных лишайников в районах

- нефтегазодобывающего комплекса Томской области // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т.325. – №1. – С. 205-213.
33. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть II. Компьютерный практикум. Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ. – 2014. – 150 с.
34. Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири // География и природные ресурсы. Научный журнал. – 2006. – № 1. – С. 63–67.
35. Мэннинг У.Д., Феддер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидрометеиздат. – 1975. – 141 с.
36. Нифонтова М.Г. Динамика долгоживущих радионуклидов в мохово-лишайниковой растительности // Экология. – 1997. – № 4. – С. 273-277.
37. Нифонтова М.Г. Использование лишайников и мхов для оперативного определения радиоактивного загрязнения природной среды // Дефектоскопия. – 2005. – № 1. С. 80 – 84.
38. Нифонтова М.Г., Куликов Н.В. О накоплении стронция-90 и цезия-137 в природных условиях // Экология. – 1977. – № 3. – С. 93-96.
39. Нифонтова М.Г., Куликов Н.В.  $^{137}\text{Cs}$  в растениях (и фитоценозах) окрестностей Белоярской атомной электростанции им. И.В. Курчатова // Экология. – 1984. – № 5. – С. 81–83.
40. Отнюкова Т.Н., Дутбаева А.Т., Жижаяев А.М. Особенности биоразнообразия эпифитного покрова и элементного состава древесного субстрата и мхов в условиях различного уровня загрязнения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3. – С. 85-90.
41. Пасечник Е.Ю. Эколого-геохимическое состояние природных сред территории города Томска // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 306. – С. 149-153.

42. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа. – 1975. – 392 с.
43. Попкова Л.А. Экологическая ситуация в водоемах 30-ти километровых зоны СХК по гидробиологическим показателям / Л.А. Попкова, А.И. Рузанова, Т.В. Юракова // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири: Мат.конф. – Томск. – 1996. – С. 35-36.
44. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А. Аккумуляция тяжёлых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самарский университет. – 1998. – 98 с.
45. Пат. 2184385. Бригеохимический способ поисков золоторудных месторождений. G01V9 - Разведка или обнаружение способами, не отнесенными к группам G01V 1/00-G01V 8/00. Владельцы патента: Загоскин Валерий Александрович. БИ: 17/2005.
46. Пат. 2363021. Способ поиска месторождений нефти и газа. G01V11 - Разведка или обнаружение с использованием комбинированных способов, представляющих собой сочетание двух и более способов, отнесенных к группам G01V – 1/00 G01V – 9/00. Владельцы патента: Загоскин Станислав Валерьевич, Чипизубов Виталий Викторович, Баландин Андрей Владимирович.
47. Ресурсно-экологический атлас Томской области. – Томск: Печатная мануфактура. – 2007. – 28 с.
48. Рихванов Л.П. Содержание тяжелых металлов в почвах: учебное пособие / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, С.И. Сарнаев. – Томск: Изд-во ТПУ. – 1993. – 83 с.
49. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Сухих Ю.И., Барановская Н.В., Волков В.Т., Волкова Н.Н., Архангельский В.В., Архангельская Т.А., Денисова О.А., Шатилов А.Ю., Янкович Е.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. – Томск. – 2006. – 216 с.

- 50.Рогова Н.С. Разработка метода экологического мониторинга загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. технич. наук (05.11.13) / «Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2013. – 22с.
- 51.Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнений атмосферы // Оптики атмосферы и океана. – 2011. – №1. – С. 79-83.
- 52.Рыжакова Н.К., Бабешина Л.Г., Рогова Н.С. Изучение аккумуляционной способности сфагновых мхов по отношению к долгоживущим изотопам // Химия растительного сырья. – 2011. – №1. – С. 163–167.
- 53.Рыжакова Н. К., Рогова Н. С., Борисенко А. Л., Меркулов В. Г. Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов. Патент на изобретение № 2463584 от 2011 г.
- 54.Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2. Геолого-экологические работы. (ВНИИ экон. минерального сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС). – М.: ВИЭМС. – 1992. – 153 с. 122
- 55.Собченко В.А., Переволоцкий А.Н., Храмченкова О.М. Опыт изучения десорбции  $^{137}\text{Cs}$  различным видам мхов // Радиоэкология. – С. 55 – 57. 28
- 56.Справочник по радиометрии / под ред. А.И. Колосова. – М.: Госгеолтехиздат. – 1957. – 198 с.78
- 57.Содержание тяжелых металлов в сфагновых мхах Вологодской области / В.П. Шевченко, Д.А. Филиппов, В.В. Гордеев, Л.Л. Демина // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 14. – С. 1–8. 87



58. Таловская А. В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей: дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Таловская Анна Валерьевна. – Томск. – 2008. – 185 с.
59. Таловская А.В., Филимоненко Е.А. Тяжелые металлы в нерастворимой фазе снежного покрова г. Томска // в сборнике: Роговские чтения: проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 85-летию со дня рождения профессора Г.М. Рогова. Томский государственный архитектурно-строительный университет; Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Национальный исследовательский Томский государственный университет. – 2015. – С. 220-224.
60. Трифонова, Л. И. Климат / Л. И. Трифонова // География Томской области. – Томск: Изд-во Томск. Университета. – 1988. – С. 42–76.
61. Филимоненко Е.А. Эколого-геохимическая обстановка в районах расположения объектов теплоэнергетики по данным изучения нерастворимой и растворимой фаз снега (на примере Томской области): дис. ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.36. / Филимоненко Екатерина Анатольевна / Нац. исслед. Том. политехн. ун-т. – Томск. – 2015. – 152 с.
62. Цветнова О.Б., Щеглов А.И.  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах природных экосистем 30-километровой зоны влияния Смоленской АЭС // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – 2009. – № 3. – С. 3-8.
63. Цветнова О.Б., Щеглов А.И. Роль мохового покрова лесных экосистем в биогеохимической миграции загрязнителей различной природы // Науч. тр. БГИТА. Вып. 7. Брянск. – 2003. – С. 64-66.
64. Цветнова О.Б., Щеглов А.И., Столбова В.В. К вопросу о методах биодиагностики в условиях радиоактивного загрязнения // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2014. – Т. 54. – № 4. – С. 423-431.

65. Шабалина Ю.А. Экологическое состояние озер окрестностей города Томска // в сборнике: Проблемы геологии и освоения недр Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 130-летию академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2013. – С. 593-595.
66. Шакирова А. Р. Геоэкологический анализ урбанизированных территорий: на примере г. Томска: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Шакирова Альбина Равильевна. – Томск. – 2007. – 24 с.
67. Шарковскис П.А., Никодемус О.Э. Содержание металлов в продуктах эмиссии на придорожной полосе автодорог Латвии // Воздействие выбросов автотранспорта на природную среду. Рига. –1989. – С. 5–21.
68. Шварцев, С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. – М.: Недра. – 1998. – 366 с.
69. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: Учеб. Пособие для студентов геологических специальностей. – Красноярск: Изд-во Красноярского университета. – 1988. – 208 с.
70. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2008 году / ред. А.М. Адам, Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. Среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода» Администрации Том.обл. – Томск: Издательство «Оптимум». – 2009. – 144 с.
71. Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2010. – 264 с.

72. Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. Биоиндикация экологического состояния нижнего течения р. Томь по зообентосу // Мир науки, культуры, образования. – 2007. – № 3. – С. 34-36.
73. Arndt, U., Novel, W., Schweizer, B. Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse, Eugen Ulmer Verlag. – 1987. – S. 388.
74. Bruns I., Friese K., Markert B., Krauss G.%J. The use of *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. as a bioindicator for heavy metals. 2. Heavy metal accumulation and physiological reaction of *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. in active biomonitoring in the River Elbe // The Sci. Total Environ. – 1997. – V. 204. – P. 161-176.
75. Culberson W.L. The corticolous communities of lichens and bryophytes in the upland forest of Northern Wisconsin // Ecology Monography. – 1955. – V. 25. – P. 215-231.
76. Dolegowska S., Migaszewski Z.M. Anomalous concentrations of rare elements in the moss-soil system from south-central Poland // Environmental Pollution. – 2013. – Vol. 178. – P. 33–40.
77. Franzen-Reuter, I. Untersuchungen zu den Auswirkungen atmosphärischer Stickstoffeinträge auf epiphytische Flechten und Moose im Hinblick auf die Bioindikation: Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.) / Bonn. – 2004. – 135 s.
78. Giordano S., Sorbo S., Adamo P. Et al. Biodiversity and trace element content of epiphytic bryophytes in urban and extraurban sites of southern Italy // Plant Ecol. – 2004. – V. 170. – P. 1-14.
79. Gonsales E.P., Boaventura R.A.R. Uptake and release kinetics of copper by the aquatic moss *Fontinalis antipyretica* // Wat. Res. – 1998. – V. 32. – № 4. – P. 1305-1313.
80. Guillite O., De Brabant B., Gasia M.C. Use of mosses and lichens for the evaluation of the radioactive fallout, deposits and flows under forest-cover // Mem. Soc. Roy. Bot. Belg. – 1990. – V. 12. – P. 89-99.

81. Hock, B., Elstner, E. Pflanzentoxikologie - Der Einfluß von Schadstoffen und Schadwirkungen auf Pflanzen, Bibliographisches Institut. – 1984. – S. 346.
82. Kelly M.G., Whitton B.A. Interspecific differences in Zn, Cd and Pb accumulation by freshwater algae and bryophytes // *Hydrobiologia*. – 1989. – V. 175. – № 1. – P. 1-11.
83. Little P., Martin M.H. Biological monitoring of heavy metals pollution // *Environ. Pollut.* – 1974. – Vol. 6. – № 4. – P. 1-19.
84. Mezhibor, A.M. Die ökologische Charakteristik der Elemente-Beimischungen in den Reittorfen des Gebietes Tomsk: Dissertation zur Erlangung des Kandidaten der geologo-mineralogischen Wissenschaften / Tomsk. – 2009. – S. 13.
85. Ruhling A., Brumelis G., Coltsova N. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990 // *NORD*. – 1992. – Vol.12. – 42 p.
86. Rühling A., Tyler G. An ecological approach to the lead problem. // *Botaniska Notiser*. – 1968. – №122. – C. 248–342.
87. Say P.J., Whitton B.A. Accumulation of heavy metals by aquatic mosses. 1: *Fontinalis antipyretica* Hedw. // *Hydrobiologia*. – 1983. – V. 100. – P. 245-260.
88. Schofield W. C., Crum H. A. Disjunctions in Bryophytes. — *Annales of the Missouri Bot. Garden*, 1972, v. 59, N 2, p. 174-202.
89. Schubert, R. Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen, Gustav Fischer Verlag. – 1991. – S. 338.
90. Solga, A. Untersuchungen zur Eignung von Moosen als Bioindikatoren atmosphärischer Stickstoffeinträge: Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.) / Bonn. – 2003. – 178 s.
91. Vazquez M.D., Wappelhorst O., Markert B. Determination of 28 elements in aquatic moss *Fontinalis antipyretica* Hedw. and water from the upper reaches of the River Nisa (Cz, D) by ICP-MS, ICP-OES and AAS // *Water, Air, and Soil Pollution*. – 2004. – V. 152. – P. 153-172.

92. Vitt D. H., Ostafichuk M., Brodo I. M. Foliicolous bryophytes and lichens of *Thuja plicata* in western British Columbia. — *Canad. J. Bot.*, 1973, v. 51, N 3, p. 571 – 580.
93. Winfried Schröder, Roland Pesch. Long-term monitoring of the metal accumulation in forests measured by use of the moss technique // *European Journal of Forest Research.* – 2010. – V. 129. – С. 145-148.
94. Zechmeister, H. G., Riss A. Biomonitoring mit Moosen am Beispiel der Erfassung von Schwermetalldepositionen in Österreich / 1998. – S. 197-221.

#### **Нормативно-методические документы:**

95. ГН 2.2.5.686-98 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (Разделы 1-2).
96. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1).
97. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).
98. ГОСТ Р ИСО 26000–2012 Руководство по социальной ответственности. – М: Стандартинформ. – 2014. – 23 с.
99. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация Текст. - Введ. 1976 - 01 - 01. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов –1975. – 8 с.
100. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 50 с.
101. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. - М.: Издательство стандартов –2006.
102. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – Введ. 1981-07-01. - М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1982. – 9 с.

103. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. –М.: ИПК Издательство стандартов –1983.
104. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – Введ. 1983-07-01. - М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.
105. ГОСТ 12.1.019-79 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – Введ. 1980-01-07. - М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.
106. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. – Введ. 1990-01-07. - М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1990. – 8 с.
107. ГОСТ12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 1992-01-07. - М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1992. – 126 с.
108. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – Введ. 2003-30-04. - М.: Минздрав России, 2003. – 609 с.
109. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Введ. 2003-01-08. - М.: Стандартиформ, 2003. – 31 с.
110. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. – СПб.: ДЕАН, 1999. – 320 с.
111. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях. – Введ. 2003-04-09. - М.: Стандартиформ, 2003. – 6 с.
112. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, дополненное с исправлениями. Новосибирск – 2006.
113. Р 2.2.2006-05. «Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация

- условий труда». – Введен: 01.11.2005. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 133 с.
114. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Введен: 01.10.1996. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 12 с.
115. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. — Введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов –2002. –14 с.
116. СанПиН 2.1.1.4.1074 – 01. «Вода питьевая».
117. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – Введен: 31.10.1996. М.: Минздрав России – 1996. –8 с.
118. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – Введен: 01.01.1995. М.: Издательство стандартов –1995. –27 с.
119. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Введен: 21.01.1994. М.: Издательство стандартов –1999. – 71 с.
120. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) // Собрание законодательства. – 2008. – С. 87–140.
121. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017).

### **Интернет ресурсы:**

122. Архив погоды. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteoweb.ru/arch>, свободный. – meteoweb.ru-Интернет журнал. – Дата обращения: 05.03.2018 г.
123. Карта административного деления Томской области [Электронный ресурс] / Департамент по социально-экономическому

развитию села Томской области – URL:  
<http://dep.agro.tomsk.ru/region/gerb>, свободный. – Дата обращения:  
01.03.2018 г.

124. Расчетные пределы обнаружения для НАА с использованием гамма-лучей [Электронный ресурс] / Инструментально нейтронно-активационный анализ. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>, свободный. – Нейтронно-активационный анализ. – Дата обращения: 19.03.2018 г.
125. Природные ресурсы. Охотничье-промысловые ресурсы. [Электронный ресурс] / Лесные ресурсы. URL: <http://www.tradm.ru/o-rayone/prirodnye-resursy/detail.php?ID=397>, свободный. – Томский район. Официальный сайт. – Дата обращения 01.03.2018 г.



**Приложение I**  
(справочное)

**Moos wie Bioindikator der Umweltverschmutzung**

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ61	Боженко Наталья Петровна		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШПР ОГ

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень/звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОГ	Межибор Антонина Михайловна	канд. геол.-мин. наук		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) ШБИП

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

## **Begriff «Moose»**

Unter Bioindikation versteht man die Anzeige von abiotischen und biotischen Standortfaktoren durch biologische Systeme [89]. Als Bioindikatoren im weiteren Sinn bezeichnet man dementsprechend Organismen oder Organismengemeinschaften, die als Zeiger für bestimmte Umweltfaktoren natürlicher Art oder infolge menschlichen Einwirkens verwendet werden können.

Nach dieser weitgefassten Definition ist jede biologische Art ein Bioindikator, da sich im Laufe der Evolution jede Art an einen Komplex von Standortfaktoren angepasst hat und diesen im Besetzen der ökologischen Nische anzeigt. Diese natürliche Bioindikation macht man sich in der Land- und Forstwirtschaft, der Vegetationskunde und anderen Disziplinen schon seit langem zunutze. So sagt man, dass eine Art Feuchte- oder Kalkzeiger ist usw. Seit einigen Jahrzehnten interessiert man sich jedoch zunehmend für solche Bioindikatoren, die anthropogene Faktoren anzeigen. Im Zuge zahlreicher Programme und Projekte der Umweltüberwachung hat man weltweit schon eine unübersehbare Zahl an tierischen oder pflanzlichen Organismen als Bioindikatoren eingesetzt. Somit sind Bioindikatoren im engeren Sinn Organismen, die auf Schadstoffbelastungen mit Veränderung ihrer Lebensfunktionen antworten, also eine möglichst spezifische Reaktion (Reaktionsindikatoren) zeigen oder den bzw. die betreffenden Schadstoffe aufnehmen und anreichern (Akkumulationsindikatoren), also 'akkumulieren' [73].

Das Ziel der Arbeit besteht in der Bestimmung der geochemischen Besonderheiten des Wachstums verschiedener Moose.

Moose sind eine Gruppe der Pflanzen und werden zusammen mit Flechten, Pilzen, Algen und Farnen als Kryptogamen bezeichnet. Moose finden als Schadstoffindikatoren in vielen Ländern Verwendung, aber ihre Einsatzhäufigkeit spiegelt ihre besonders gute Eignung als Bioindikator bei weitem nicht wider, was vielleicht darauf zurückzuführen ist, dass die Bestimmung - von wenigen leicht kenntlichen Moosen abgesehen - relativ schwierig ist und einige Erfahrung erfordert.

Die Moose spielen eine sehr wichtige Rolle im globalen Ökosystem. Dort, wo Moose häufig sind, wie in Bergwäldern und Mooren, haben sie eine wichtige

ökologische Rolle im Nährstoffkreislauf, da sie die Nährstoffe aus dem Niederschlag filtern, ferner für den Wasserkreislauf, da sie zum einen Nebel ausfiltern können und zu einem gewissen Grad auch den Niederschlag speichern können.

Epiphyten (von griech. *epi* für «auf» und *phyton* für «Pflanze») nutzen andere Pflanzenkörper als Unterlage. An diese besondere Lebensform als «Aufsitzerpflanzen» hat sich auch eine ganze Reihe von Moosarten angepasst. Sie wachsen auf den Ästen und Stämmen von Bäumen und Sträuchern und nutzen deren Borke als Substrat. (Weitere Ausführungen dazu im Heft 3 der «Beiträge zum Naturschutz im Mittleren Erzgebirgskreis»: E. Seifert: Epiphyten im Wandel-Zum Vorkommen epiphytischer Moose im Erzgebirge).

Die Versorgung dieser Moospflanzen mit mineralischen Nährstoffen, Wasser und Kohlendioxid erfolgt bekanntlich ausschließlich aus der Luft. Sie nehmen diese Stoffe nicht mit Wurzeln, sondern mit ihrer gesamten Oberfläche auf. Ebenso wirken aber auch die aus Industrie, Verkehr, Landwirtschaft und Haushalten stammenden Gase und Stäube direkt auf die Moospflanzen ein.

Da die zarten Blätter oft einzellschichtig und nicht durch eine Wasser abweisende Kutikula geschützt sind, dringen die genannten Stoffe ziemlich leicht in die Pflanzen ein.

Da die zarten Blätter oft einzellschichtig und nicht durch eine Wasser abweisende Kutikula geschützt sind, dringen die genannten Stoffe ziemlich leicht in die Pflanzen ein. Aber auch Stoffe, die wegen geringer Wasserlöslichkeit an der Oberfläche der Pflanzen haften bleiben, bewirken oft Schäden an den Zellwänden und beeinflussen so die natürlichen Funktionen der Blätter, was zu Verfärbungen oder Verformungen, Funktionsverlust oder zum Absterben der Pflanzen führen kann [90].

Die Immissionen der oben genannten Schadstoffe beeinflussten nachhaltig unterschiedliche physiologische Vorgänge in den lebenden Zellen, darunter lebenserhaltende Stoff- und Energiewechselprozesse wie Photosynthese und Zellatmung, aber auch Reproduktionsprozesse, zum Beispiel die Beweglichkeit der

Spermatozoiden und die Sporenbildung. Die Auswirkungen zeigen sich in geringem Wachstum, zunehmender Sterilität und schwacher ökologischer Potenz.

Epiphyten nutzen andere Pflanzenkörper als Wuchsunterlage. An diese besondere Lebensform als «Aufsitzerpflanzen» hat sich auch eine ganze Reihe von Moos- und Flechtenarten angepasst, aber auch einheimische Sproßpflanzen probieren gelegentlich die epiphytische Lebensweise. Hier wachsen auf dem Stamm einer alten Eberesche verschiedene Laubmoose gemeinsam mit jungen Farnpflanzen und Fichtensämlingen als Epiphyten.

### *Typen der epiphytischen Moosen*

Ontogenetisch betrachtet gibt es zwei Typen von Epiphyten: Holoepiphyten, oder echte Epiphyten, keimen und wachsen während ihres gesamten Lebens auf einer anderen Pflanze. Hemiepiphyten dagegen verbringen nur einen Teil ihres Lebens auf einer anderen Pflanze. Man unterscheidet bei letzteren zwischen primären und sekundären Hemiepiphyten.

Primäre Hemiepiphyten beginnen ihren Lebenszyklus als Epiphyt und entwickeln in einer späteren Phase Wurzeln, die eine Verbindung zum Boden ermöglichen. Sekundäre Hemiepiphyten wachsen zunächst terrestrisch und verlieren in einer späteren Lebensphase die Verbindung zum Erdboden [90].

### *Geografische Verbreitung*

Epiphytische Gefäßpflanzen kommen fast ausschließlich in den Subtropen und Tropen vor. Niedere Pflanzen wie Algen, Moose, Flechten und Farne können hier in Regionen mit kontinuierlicher Wasserverfügbarkeit auch als Epiphyten auftreten.

In den gemäßigten Breiten kommen je nach Regenmenge nur niedere Pflanzen (z. B. Europa), aber auch Gefäßpflanzen (z. B. Neuseeland oder südlicher Himalaya) epiphytisch vor. Gelegentlich findet man auch sonst terrestrisch wachsende Pflanzen, die in Humusakkumulationen von Baumastgabeln ein geeignetes

Wuchsmilieu vorfinden (Zufallsepiphyten). In Europa gibt es sonst, bis auf seltene Einzelfälle, keine epiphytischen Gefäßpflanzen. Als Grund wird hierfür in der Literatur der Frost genannt, der eine Wasserversorgung der Pflanzen für einen längeren Zeitraum verhindert [90].

### *Physiologische Anpassungen*

Der CAM-Mechanismus erlaubt es einer Pflanze, ihre Spaltöffnungen während des Tages zu schließen und so weniger Wasser zu verdunsten als mit offenen. Die für die Photosynthese wichtige Kohlenstoffdioxidaufnahme wird in die Nacht verlegt, wenn die Umgebungstemperaturen niedriger sind und die Luftfeuchtigkeit höher.

Epiphytische Moose und Flechten saugen, wenn es regnet, in ihrer oft verfilzten, schwammartigen Masse große Mengen Wasser auf. Bei längeren Trockenperioden schrumpfen sie zusammen und reduzieren ihren Stoffwechsel bis zur nächsten Regenzeit [90].

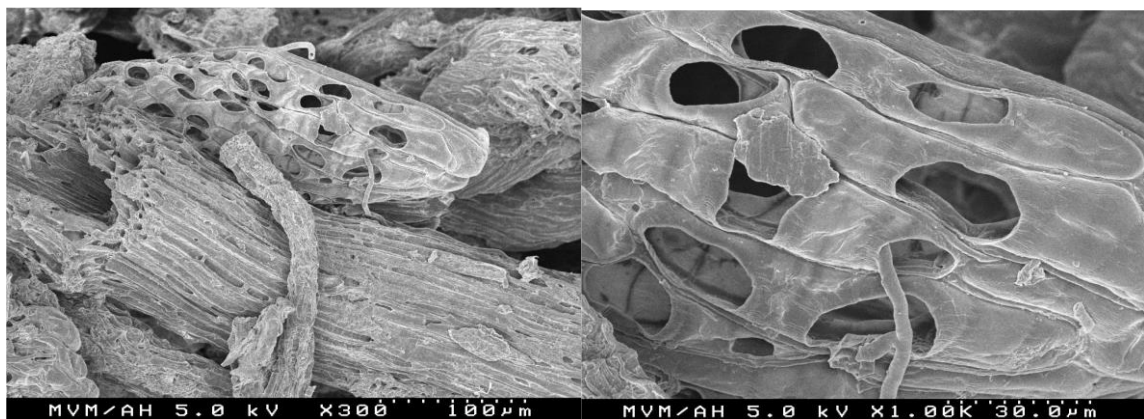
### *Bedeutung der Moose für die Ökologie*

Die Moose spielen eine sehr wichtige Rolle im globalen Ökosystem. Dort, wo Moose häufig sind, wie in Bergwäldern und Mooren, haben sie eine wichtige ökologische Rolle im Nährstoffkreislauf, da sie die Nährstoffe aus dem Niederschlag filtern, ferner für den Wasserkreislauf, da sie zum einen Nebel ausfiltern können und zu einem gewissen Grad auch den Niederschlag speichern können [90].

Mehrere Eigenschaften machen die Moose zu sehr guten Bioindikatoren: Sie nehmen Wasser und Nährstoffe über die Oberfläche auf und sind so der direkten Wirkung von Schadstoffen ausgesetzt; ihr kurzer Lebenszyklus führt zu raschen Reaktionen auf Umweltveränderungen; sie sind makroskopisch bestimmbar und sind ganzjährig präsent. Moose werden jedoch bis jetzt nur in Europa, Kanada, Japan und Neuseeland als Bioindikatoren verwendet [90].

Moose haben im folgenden genannte Eigenschaften, die sie als Bioindikatoren geeignet machen [81]: Moose decken ihren Nährstoffbedarf überwiegend aus der

Atmosphäre, das bedeutet sie nehmen Nährstoffe aus Niederschlägen und aus der Luft über ihre meist einzellschichtige Blättchenoberfläche und die Epidermisoberfläche anderer Sprosssteile auf; Moosepidermen haben keine Cuticula (wachsartige, weitgehend undurchlässige Abschlusschicht der Epidermis höherer Pflanzen), so dass Moose eine Stoffaufnahme über ihre Oberfläche nicht verhindern können. Moose können die Schadstoffaufnahme auch nicht regulieren über Stomata (Spaltöffnungen), sofern sie überhaupt vorhanden sind. Die "Wurzeln" der Moose dienen im Gegensatz zu höheren Pflanzen nur der Verankerung der Moose im Substrat und nicht der Wasser- und Nährstoffaufnahme.



*Abbildung 2. Die Struktur der Käfige des Moores bei der Vergrößerung unter dem elektronischen Mikroskop: die Vergrößerung  $\times 300$  (links), die Vergrößerung  $\times 1000$  (rechts) [84]*

### **Rolle der epiphytischen Moose**

Verglichen mit anderen Pflanzengruppen haben Moose wichtige Eigenschaften, die sie als Bioindikatoren besonders geeignet machen [77]:

- Als poikilohydrische Organismen ohne schützendes Abschlussgewebe nehmen sie Wasser und darin gelöste Nährstoffe mit Regen, Tau oder Nebel über die gesamte Oberfläche auf. Somit gelangen auch Schadstoffe direkt in die Pflanze;
- Moose haben weitaus größere Areale als Blütenpflanzen;

- Moose verfügen über eine leichte und effektive Windverbreitung, können sich somit rasch ausbreiten und auf Veränderungen der Umweltbedingungen schnell reagieren;
- Moose haben schnelle Reproduktionszyklen. Ein ganzer Entwicklungszyklus wird schnellstens in 4 Wochen durchlaufen, bei vielen Arten in einem halben Jahr. Eine schnelle Reaktion auf Umwelteinflüsse ist dadurch gesichert;
- Untersuchungen mit Moosen können ganzjährig durchgeführt werden;
- Aufgrund ihres geringen Temperaturoptimums erreichen Moose ihr Maximum an Stoffwechselaktivität im Spätherbst und Winter, wo Hausbrand und Inversionswetterlagen die Schadstoffbelastungen erhöhen;
- Moose verfügen über keine physiologische Anpassung, die es ihnen ermöglichen würde, schädliche Stoffe abzuscheiden.

Aufgrund dieser Eigenschaften werden Flechten und Moose schon seit Jahrzehnten als Bioindikatoren für die Luftqualität genutzt. Es sind insbesondere die Auswirkungen säurebildender Luftverunreinigungen (SO<sub>2</sub>), die in der Vergangenheit in zahlreichen Studien untersucht wurden [77].

### **Bedeutsamkeit Biomonitoring**

Jeder Organismus ist das Produkt einer langen Evolution. Jedes Lebewesen zeigt demnach gegenüber seiner Umwelt eine mehr oder wenige große Kapazität zur Anpassung, und hat in Abhängigkeit von seiner genetischen Prädisposition unterschiedliche physiologische Toleranzbereiche und unterschiedliche ökologische Potenzen. Im weitesten Sinn ist daher jedes Lebewesen ein Bioindikator, weil es über die Lebensumstände unter denen es wächst, Auskunft gibt. Es zeigt (indicare = anzeigen) sowohl die abiotischen als auch die biotischen Umgebungsparameter, bei Pflanzen besser Standortfaktoren, an [94].

Von Bioindikator im engeren Sinn wird aber zumeist nur dann gesprochen, wenn es um die Reaktion einer Pflanze auf direkte anthropogene Einflüsse, häufig

Schadstoffe bzw. um die Überprüfung rein anthropogener oder anthropogen modifizierter Umweltfaktoren geht (z.B.: Veränderungen durch Drainage, Düngung oder durch übergeordnete Effekte wie «climate change»). In diesem Sinne findet der Begriff in einem Großteil der Literatur Verwendung.

Während der Bioindikator über die Art der Einwirkung des Schadstoffes Auskunft gibt, ist es mittels eines Biomonitoring möglich, auch etwas über die Menge des einwirkenden Schadstoffes zu erfahren. Biomonitoring ist daher unmittelbar mit «Messen» bzw. Analyse verbunden [94].

Im schadstoffbezogenen Biomonitoring gibt es zwei Formen: passives und aktives Monitoring. Im passiven Monitoring werden Organismen untersucht (gemessen) welche an ihrem natürlichen Standort wachsen. Im aktiven Monitoring werden die Monitoringarten unter Standardbedingungen gezogen, aktiv exponiert und nach genau vorgegebenem Zeitraum analysiert.

Die Vorteile des Biomonitoring gegenüber anderen Monitoringmethoden sind vielfältig [94]:

- Durch biologische Materialien wird ein besserer Einblick darüber gewährt, welche Schadstoffe tatsächlich in einem Lebensraum wirksam deponiert werden.
- Es können genauere Informationen über die Menge und Wege der Schadstoffe in der Nahrungskette erlangt werden.
- Man kann die tatsächlichen Auswirkungen eines Schadstoffes im Ökosystem erkennen, bzw. die Pufferkapazitäten eines Systems abschätzen.
- Biomonitoring erlauben ortsunabhängige Einsatzmöglichkeit, weil sie unabhängig von jeglicher technischer Energieversorgung sind und keiner Infrastruktur bedürfen. Sie sind daher sowohl für punktuelle als auch flächendeckende Untersuchungen geeignet.
- Im Gegensatz zu technischen Meßgeräten haben sie nur geringen (aktives Monitoring) oder keinen Betreuungsaufwand.



- Biomonitoringmethoden sind im Vergleich mit technischen Geräten extrem kostengünstig.
- Sie sind außerdem wenig auffällig, und dementsprechend weniger anfällig gegenüber Vandalismus.

Auch die Nachteile sollen nicht verschwiegen werden [94]:

- Die Resultate sind zumeist abhängig von den eingesetzten Arten und können nicht immer standardisiert werden.
- Die Untersuchungsgebiete sind (zumindestens im passiven Monitoring) auf die Verbreitungsgebiete der Bioindikatoren beschränkt.
- Einzelne Schadstoffe sind in ihrer Einzelwirkung nicht immer klar erfaßbar bzw. zu trennen. Eine rein additive Wirkung muß oft einer multiplikativen Wirkung weichen.
- Schwankungen im genetischen bzw. physiologischen Bereich können Ergebnisse verfälschen.
- Tierfraß, Pflanzenkrankheiten, Klimaschwankungen usw. können das Untersuchungsprogramm bisweilen beeinträchtigen.
- In legislativen Bereichen werden in Österreich fast immer technische Messungen als Standard gesetzt.

In Anbetracht sich ständig verändernder Umweltbedingungen (Klima, Luftbelastung) ist es notwendig, Verfahren zu entwickeln, die diese Veränderungen erkennen, bewerten und überwachen können. Für solch ein Umweltwarnsystem kommt in erster Linie das Biomonitoring, d.h. Langzeitüberwachung von Organismen, in Frage. Die Vorteile eines solchen biologischen Überwachungssystems zeigen sich darin, dass [77]:

- Organismen die Umwelteinflüsse und –änderungen integrieren;
- viele Organismen eine besondere Sensibilität auf spezielle Veränderungen besitzen;
- die biologische Wirkung auf einen Organismus erfasst wird;
- die Wirkung von Schadstoffen über einen langen Zeitraum erfasst wird;

- die Kumulationswirkung aller Schadstoffe erfasst wird;
- die Wirkungen flächendeckend und nicht nur punktuell erfasst werden;
- mit denselben Methoden Veränderungen unterschiedlichster Parameter, z.B. Auswirkungen von Klimaänderungen und atmosphärischen Veränderungen bestimmt werden können.

Die Umweltüberwachung mit Messinstrumenten allein erscheint nicht ausreichend, weil immer nur einzelne Parameter gemessen werden, die Relevanz der Messwerte für die Umwelt oder den Menschen nicht abschätzbar ist und Organismen schon auf kleinste, kaum messbare Änderungen reagieren. In vielen Fällen werden die relevanten Schadstoffkomponenten mit technischen Verfahren auch nicht ausreichend erfasst. So existiert beispielsweise für die Ermittlung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft aufgrund des hohen Aufwandes und der Kostenintensität kein flächendeckendes Messnetz. Bei dem Einsatz von Messstationen bzw. Messwagen werden einzelne Schadstoffe an wenigen Standorten über eine bestimmte Zeit oder zu bestimmten Zeitpunkten gemessen. Das ist sicherlich in Hinblick auf eine Luftüberwachung nicht nur sinnvoll, sondern auch notwendig, da es die Veränderung einzelner Parameter erfasst. Der Einsatz von Bioindikationsmethoden zielt jedoch auf die Wirkung auf den Organismus. Es wird die Wirkung auf komplexe Systeme wie die Natur (Ökosysteme) und Teilen davon (auch den Menschen) erfasst und nicht nur die Veränderungen an sich.

Ein weiterer Vorteil des Biomonitorings gegenüber chemisch-physikalischen Messverfahren ist, dass es meist weitaus kostengünstiger ist [77].

### **Biomonitoring mit Moosen**

Die Methode des Moosmonitorings wurde in den späten 1960er-Jahren entwickelt. Sie basiert darauf, dass polsterartig ausgebildete Bodenmoose den Großteil ihrer Nährstoffe direkt aus dem Niederschlag und aus trockener Deposition (Ablagerungen aus der Luft) beziehen und nur sehr wenige Stoffe aus dem Boden aufnehmen. Deponierte Schadstoffe reichern sich im Moos an und können über einen bestimmten Zeitraum gemessen werden. Bei der großräumigen Kartierung der

Bioakkumulation von Metallen und Stickstoff können Moose daher als Indikator dienen. Das Moosmonitoring ist für ein flächendeckendes Screening der Belastungssituation bei vielen selten gemessenen Metall-Elementen besonders geeignet. Häufig ist das Moosmonitoring die einzige flächenbezogene Informationsquelle zur räumlichen Verteilung der Belastung, da in anderen Programmen nur wenige Schwermetalle und diese oft nur optional und punktuell gemessen werden.

Moose finden seit einer immer breiteren Verwendung als Bioindikatoren. Dabei werden sie einerseits als passive Reaktionsindikatoren zur Erfassung von Luftschadstoffen eingesetzt, ohne daß es dabei aber zu einer klaren Trennung der einzelnen Einflußfaktoren wie  $\text{SO}_2$ , Fluor,  $\text{NO}^x$  und anderen Schadstoffen kommen kann [94].

Zur Untersuchung ausgewählter Stoffgruppen hingegen werden Moose als Akkumulationsindikatoren verwendet. Dabei haben sie sich vor allem zur Quantifizierung von atmosphärischen Schwermetalleinträgen bewährt. Es gibt wohl kaum eine zweite Organismengruppe, welche sich dafür so gut eignet wie die Moose [94].

Die Identifizierung der annualen Zuwächse ist bei den eingesetzten Monitoringarten möglich, womit eine zeitliche Zuordnung der analysierten Konzentrationen gewährleistet wird. Dadurch wird es erst ermöglicht, daß mittels einer einzigen Aufsammlung die Depositionen der letzten Jahre exakt erfaßt und quantifiziert werden können. Dies stellt wohl einen der größten Vorteile dieser Methode gegenüber anderen Biomonitoringmethoden dar. Darüberhinaus ermöglicht die exakte zeitliche Zuordnung auch das Verfolgen von mittel- und längerfristigen Veränderungen der Schwermetalldepositionen an exakt denselben Orten und Regionen [94].

Die spezielle Eignung von Moosen als Bioindikatoren beruht auf ihrem vergleichsweise ein-fachen Bau und ihrer Form der Wasser- und Nährstoffaufnahme. Der Gametophyt besitzt weder Wurzeln noch Spaltöffnungen, besonders ektohydrischen Arten fehlt eine gut ausgebildete Kutikula, weshalb die

Aufnahme von Wasser und darin gelösten Stoffen über die gesamte Oberfläche erfolgen kann. Dies bedeutet gleichzeitig, dass Moose einer Beeinflussung durch Schadstoffe bzw. durch Nährstoffe in schädlich hohen Konzentrationen weitgehend schutzlos ausgesetzt sind, was man sich letztlich bei der Bioindikation zu Nutze macht. Weitere Eigenschaften von Moosen, die zu einer effizienten Stoffaufnahme beitragen, sind allgemein hohe Blattflächen-indices, große Oberflächen zu Volumen-Verhältnisse sowie hohe Kationenaustauschkapazitäten. Außerdem besitzen viele Arten aufgrund ihrer Morphologie ein großes Partikel-Fangvermögen [90].

Moose haben in der Vergangenheit sowohl als Akkumulations- wie auch als Reaktionsindikatoren Verwendung gefunden, neben passivem ist mit ihnen auch aktives Monitoring durchgeführt worden. Da bereits mehrere Übersichten über die vielfältigen Einsatzgebiete und methodischen Ansätze existieren, soll an dieser Stelle nur auf einige wesentliche Punkte eingegangen werden. Zu den bekanntesten Beispielen zählt das passive Monitoring von Luftverschmutzungen, hierbei insbesondere der SO<sub>2</sub>-Belastung der Luft. Bis heute am stärksten etabliert hat sich das Akkumulationsmonitoring luftgetragener Schwermetalle, das in den späten 1960er Jahren begann und mittlerweile in zahlreichen europäischen Ländern in regelmäßigen Zeitabständen stattfindet. Als weitere Anwendungsgebiete sind Akkumulationsuntersuchungen zum Eintrag organischer Schadstoffe sowie Radionuklide zu nennen. Im aquatischen Bereich wurden Moose als Akkumulations- und Reaktionsindikatoren zur Beurteilung der Schadstoffbelastung und dem Grad der Gewässerversauerung eingesetzt. Neuere Untersuchungen befassen sich mit Moosen als Indikatoren für Klimafluktuationen. daneben findet die «Bryodiversität» bei der Analyse kulturlandschaftlicher Veränderungen heute besondere Berücksichtigung [90].

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Moose für ökologische Kontrolle der geochemischen Lage ideal passen. Moose haben in der Vergangenheit sowohl als Akkumulations- wie auch als Reaktionsindikatoren Verwendung gefunden, neben passivem ist mit ihnen auch aktives Monitoring durchgeführt worden.

Moose können Schadstoffe bis zu sehr hohen Konzentrationen akkumulieren, da sie eine große Oberfläche aufweisen und eine hohe Kationenaustauschkapazität (KAK) besitzen.

Die meisten Moose sind nicht an bestimmte Jahreszeiten gebunden, können also jederzeit gesammelt oder kontrolliert werden; zudem besiedeln sie nahezu alle Substrate, auch künstliche Standorte wie Mauern und Hausdächer etc.

Für Moose bestehen folgende Einsatzmöglichkeiten als Bioindikatoren [89]: Bei Luftverschmutzung reagieren Moose besonders auf Schwefeldioxid. In den vergangenen Jahrzehnten wurde die steigende Belastung anhand des Verschwindens von Moosen aus Industriegebieten kartiert, heute die sinkende Belastung anhand der Wiederbesiedlung, besonders durch Epiphyten.

Moose akkumulieren aufgrund ihrer hohen Ionenaustauschkapazitäten Schwermetalle. Europaweit werden zum Monitoring die Moosarten *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme* und *Pleurozium schreberi* untersucht. Das Forschungskonsortium Mossclone testet, welche Torfmoose sich zur standardisierten Luftüberwachung eignen. Die gleichen Mechanismen lassen Moose auch Radionuklide anreichern, sodass sie als Langzeitsensoren für die radioaktive Belastung dienen.

Ebenso kann man sie einsetzen als Indikatoren für Klimaschwankungen. So haben sich beispielsweise in den letzten Jahren einige Arten, die bisher nur im stark ozeanisch geprägten Klima Westeuropas vorkamen, weiter nach Mitteleuropa ausgebreitet. Man kann dies ev. als Indiz für feuchtere und mildere Winter und für ein ausgeglicheneres Klima in Mitteleuropa werten.

Über die Effektivität jeder Art sagend, muss man in erster Linie die wichtigste Kennziffer - die Erweitertheit der gegebenen Art, d.h. die Möglichkeit des Wachsens in vielen natürlichen Zonen mit verschiedenen Klimabedingungen berücksichtigen. Da bei jeder Art die Areale des Vertriebes, über die am meisten herankommende Art des Moores schwierig zu sagen.